

Hiiletön liikenne 2045 – polkuja päästöttömään tulevaisuuteen

Liikenteen ilmastopolitiikan
työryhmän väliraportti



LIIKENNE- JA
VIESTINTÄMINISTERIÖ

Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 9/2018

Hiiletön liikenne 2045 – polkuja päästöttömään tulevaisuuteen

Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän väliraportti

Liikenne- ja viestintäministeriö Helsinki 2018

Liikenne- ja viestintäministeriö

ISBN PDF: 978-952-243-555-2

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö
Julkaisutuotanto

Helsinki 2018

Kuvailulehti

Julkaisija	Liikenne- ja viestintäministeriö		14.9.2018
Tekijät	Johanna Särkijärvi, Saara Jääskeläinen, Katja Lohko-Soner (toimittajat)		
Julkaisun nimi	Hiiletön liikenne 2045 – polkuja päästöttömään tulevaisuuteen Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän väliraportti		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 9/2018		
Diaari/hankenumero		Teema	
ISBN PDF	978-952-243-555-2	ISSN PDF	1795-4045
URN-osoite	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-555-2		
Sivumäärä	82	Kieli	Suomi
Asiasanat	liikenne, kasvihuonekaasupäästöt, ilmastomuutos, ilmastopolitiikka		
Tiivistelmä Liikenne- ja viestintäministeriö asetti työryhmän ajalle 12.4.–12.12.2018 selvittämään ja arvioimaan keinoja, joilla liikenteen kasvihuonekaasupäästöt voidaan poistaa vuoteen 2045 mennessä. Tämä on työryhmän väliraportti, jossa kuvataan kolme vaihtoehtoista skenaariota liikenteen päästöjen poistamiseksi. Skenaarioiden tarkoituksena on tuoda esille eri tekijöiden vaikutuksia päästöjen määrään sekä eri polkuihin liittyviä erilaisia toimenpidekokonaisuuksia. BIO-polussa päästöjä vähennetään luopumalla fossiilisista polttoaineista ja ottamalla käyttöön uusiutuvia tai entistä vähäpäästöisempiä polttoaineita. TEKNO-polussa päästöjä vähennetään pääosin hyödyntämällä liikennevälineiden teknologista kehitystä mm. siirtymällä sähköautoihin. PALVELU-polussa päästöjä vähennetään pääosin vähentämällä päästöjä tuottavan liikenteen suoritetta (kilometrejä) ja parantamalla muilla tavoin liikennejärjestelmän energiatehokkuutta. Tarkastelu osoittaa, että liikenteen päästöjen poistamiseen ei ole olemassa yhtä yksinkertaista ja helppoa tietä. BIO-polussa ongelmaksi muodostuu kestäväällä tavalla tuotettujen biopolttoaineiden saatavuus ja hinta sekä vaikutukset hiilinieluihin. TEKNO-polussa haasteena on koko autokannan ja muiden liikennevälineiden uusiminen päästövähennysten kannalta tarpeeksi nopeasti. PALVELU-polussa haasteeksi nousee jäljelle jäävä liikennesuorite ja kasvihuonekaasupäästöt siihen liittyen.			
Kustantaja	Liikenne- ja viestintäministeriö		
Julkaisun myynti/jakaja	Sähköinen versio: julkaisut.valtioneuvosto.fi Julkaisumyynti: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Presentationsblad

Utgivare	Kommunikationsministeriet		September 2018
Författare	Johanna Särkijärvi, Saara Jääskeläinen, Katja Lohko-Soner (redaktörer)		
Publikationens titel	Kolfri trafik 2045 – stigar till en utsläppsfri framtid Halvtidsrapport av arbetsgruppen för klimatpolitiken inom transportsektorn		
Publikationsseriens namn och nummer	Kommunikationsministeriets publikationer 9/2018		
Diarie- /projektnummer		Tema	
ISBN PDF	978-952-243-555-2	ISSN PDF	1795-4045
URN-adress	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-555-2		
Sidantal	82	Språk	finska
Nyckelord	Trafik, transport, växthusgasutsläpp, klimatförändring, klimatpolitik		
Referat Kommunikationsministeriet tillsatte för tiden 12.4–12.12.2018 en arbetsgrupp med uppdrag att utreda och utvärdera metoder för att transportsektorn i Finland senast år 2045 ska vara fri från växthusgasutsläpp. Detta är arbetsgruppens halvtidsrapport med en beskrivning av tre alternativa scenarier (stigar) för att nå nollutsläpp av växthusgaser från trafiken och transporterna. Med hjälp av scenarierna beskrivs vilka effekter olika faktorer har på utsläppsmängden och hurdana åtgärdsdelar de olika stigarna förutsätter. BIO-stigen går ut på att minska utsläppen genom att man slutar använda fossila bränslen och inför förnybara eller allt mer utsläppssnåla bränslen. TEKNIK-stigen är ett alternativ där utsläppen i huvudsak minskas med utnyttjande av tekniskt utvecklade trafikmedel t.ex. så att man går över till att använda eldrivna bilar. SERVICE-stigen siktar på att minska utsläppen främst genom att reducera det transportarbete (antal kilometer) som ger upphov till utsläpp och genom att även på andra sätt öka transportsystemets energieffektivitet. En granskning visar att det inte finns ett enda enkelt sätt att minska utsläppen från trafiken. BIO-stigens problem är att försäkra tillgången till och priset på hållbart producerade biobränslen samt att förutse konsekvenserna av dem för kolsänkorna. TEKNIK-stigens utmaning är att förnya hela bilparken och andra trafikmedel i tillräckligt snabb takt med tanke på utsläppsminskningen. SERVICE-stigens osäkerhetsfaktor är det återstående transportarbetet och växthusgasutsläppen i förhållande till dem.			
Förläggare	Kommunikationsministeriet		
Beställningar/ distribution	Elektronisk version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Beställningar: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Description sheet

Published by	Ministry of Transport and Communications		September 2018
Authors	Johanna Särkijärvi, Saara Jääskeläinen, Katja Lohko-Soner (editors)		
Title of publication	Carbon-free transport by 2045 – Paths to an emission-free future Interim report by the Transport Climate Policy working group		
Series and publication number	Publications of the Ministry of Transport and Communications 9/2018		
Register number		Subject	
ISBN PDF	978-952-243-555-2	ISSN PDF	1795-4045
Website address URN	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-555-2		
Pages	82	Language	Finnish
Keywords	Transport, greenhouse gas emissions, climate change, climate policy		
<p>Abstract</p> <p>The Ministry of Transport and Communications has appointed a working group for the term 12 April 2018 – 12 December 2018 tasked with examining and assessing methods to facilitate the elimination of transport-related greenhouse gas emissions by 2045. This interim report by the working group describes the three alternative scenarios for eliminating transport-caused emissions. The purpose of the scenarios is to highlight the impacts of various factors on the amount of emissions as well as to outline the different measures for each path. The BIO path would aim to reduce emissions by ceasing use of fossil fuels and adopting renewable fuels and those that let off a smaller amount of emissions. The TECHNO path would reduce emissions by utilising the technological development of vehicles, for example, by transitioning to the use of electric cars. The SERVICE path would reduce emissions primarily by reducing the amount of driven kilometres and improving the energy efficiency of the transport system in other ways.</p> <p>The investigation has demonstrated that there is no straightforward or simple way to eliminate emissions. If the BIO path were chosen, the availability and price of sustainably produced biofuels as well as their impacts on the carbon sink proved to be problem points. The sufficiently fast renewal of the entire car and other vehicle stock in order to reduce emissions would prove challenging with the TECHNO path. The remaining amount of driven kilometres and related greenhouse gas emissions would prove challenging were the SERVICE path chosen.</p>			
Publisher	Ministry of Transport and Communications.		
Publication sales/ Distributed by	Online version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Publication sales: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Sisältö

1	Johdanto.....	9
1.1	Tavoitteet	9
1.2	Ilmastotoimien aika on nyt.....	10
1.3	Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen kolme kokonaisuutta.....	12
2	Kolme polkua liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen poistamiseen.....	14
2.1	BIO-Suomi 2045.....	14
2.1.1	BIO-Suomen lähtökohdat	14
2.1.2	BIO-Suomen tulevaisuuskuva	15
2.1.3	Polku BIO-Suomeen.....	16
2.1.4	BIO-polun vaikutukset	19
2.2	TEKNO-Suomi 2045	23
2.2.1	TEKNO-Suomen lähtökohdat	23
2.2.2	TEKNO-Suomen tulevaisuuskuva	24
2.2.3	Polku TEKNO-Suomeen.....	26
2.2.4	TEKNO-polun vaikutukset	30
2.3	PALVELU-Suomi 2045.....	32
2.3.1	PALVELU-Suomen lähtökohdat	32
2.3.2	PALVELU-Suomen tulevaisuuskuva	34
2.3.3	Polku PALVELU-Suomeen.....	35
	Henkilöliikenne	36
	Tavaraliikenne	41
2.3.4	PALVELU-polun vaikutukset	42
3	Päästöjen hyvittäminen.....	49

4	Yhteenveto.....	51
4.1	Muutospolkujen rajoitteet ja mahdollisuudet	51
4.2	Jatkotoimenpiteet	55
	Liitteet	56
	Liikenteen ilmastopolitiikka.....	56
	Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt Suomessa ja niiden ennakoitu kehitys	59
	Kansainvälisen liikenteen kasvihuonekaasupäästöt	64
	Laskelmat muutospolkujen kokonaisenergiantukseen liittyen	69
	Sanasto	77
	Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmä.....	80
	Täydentävä mielipide	82

LUKIJALLE

Ilmastonmuutoksen ja sen vaikutusten torjunta vaatii välittömiä ja konkreettisia toimia niin omalla hallinnonalallamme kuin laajasti yhteiskunnassa. Tässä väliraportissa tuodaan esille kolme erilaista toimenpidevalikoimaa, joista kullakin voitaisiin päästä tavoitteeseen poistaa liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuoteen 2045 mennessä. Väliraportissa esitellyt toimenpidekokonaisuudet liittyvät kolmeen skenaarioon, joiden toteuttaminen synnyttäisi radikaaleja muutoksia joko liikkumiskäyttäytymisessä ja kuljetuksissa (PALVELU-skenaario), liikenteen käyttövoimissa (BIO-skenaario) tai liikennevälineissä (TEKNO-skenaario). Työryhmä ei ehdota skenaarioiden toteuttamista sellaisenaan, vaan niiden tarkoitus on toimia ajattelun apuvälineinä ja keskustelun pohjana.

Olemme Suomessa jo tehneet paljon pieniä muutoksia, jotka vievät ilmastonmuutoksen torjuntaa oikeaan suuntaan, mutta niiden vaikutus on ollut toistaiseksi vaatimaton. Suuria päästövähennyksiä aikaansaavat toimet on välttämätöntä käynnistää juuri nyt, jos aiomme torjua ilmastonmuutoksen maailmanlaajuiset katastrofaaliset seuraukset yhteiskunnallemme. Meidän on oltava valmiita tekemään vaikeiltakin tuntuvia ratkaisuja, sillä pitkällä aikavälillä niiden vaikutukset ovat yhteiskunnallemme myönteisiä ja rakentavat tulevaisuuden hyvinvointia ja kilpailukykyä.

Tämän väliraportin kirjoittamiseen on osallistunut laajasti asiantuntijoita eri organisaatioista. Yhteistyön tuloksena on tunnistettu laaja valikoima toimenpiteitä, joiden joukosta viisaasti valitsemalla voimme vähentää ja lopulta kokonaan poistaa liikenteen kasvihuonekaasupäästöt.

Juhapekka Ristola
 Syyskuu 2018

1 Johdanto

1.1 Tavoitteet

Liikenne- ja viestintäministeriö asetti työryhmän ajalle 12.4.–12.12.2018 selvittämään ja arvioimaan keinoja, joilla liikenteen kasvihuonekaasupäästöt voidaan pidemmällä aikavälillä poistaa. Työryhmän työ on jatkoa valtioneuvoston keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmalle vuoteen 2030 (VNS 7/2017 vp) ja siinä esiin nostetulle tavoitteelle, jonka mukaan Suomi on hiilineutraali vuoteen 2045 mennessä. EU-lainsäädännön mukaan Suomen tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjään 39 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasoon verrattuna. Kansallisella tasolla Suomi on sitoutunut vähentämään liikenteen päästöjä 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä¹.

Tämä on työryhmän väliraportti liikenteen päästöjen poistamiseen johtavista vaihtoehtoisista toimenpidekokonaisuuksista. Väliraportin tavoitteena on ollut luoda kolme toisistaan selvästi erottuvaa skenaariota, jotka tuovat esille eri tekijöiden vaikutuksen päästöjen määrään ja sen, millaisia keinoja tavoitteiden saavuttaminen vaatisi. Väliraportissa ei tehdä kattavaa vaikutusarviointia, vaan se tehdään myöhemmin julkaistavassa loppuraportissa. Väliraportissa vaihtoehdot esitellään ääriskenaarioina, joihin liittyy huomattava määrä erilaisia, osin epärealistisiakin oletuksia ja lähtökohtia. **Skenaariot toimivat ajattelun apuvälineinä eikä työryhmä ehdota niiden toteuttamista sellaisenaan.** Skenaariotarkastelujen kautta tuodaan esille mahdollisuuksia ja rajoitteita, joita eri toimenpidekokonaisuuksiin liittyy. Varsinainen toteuttamiskelpoinen toimenpideohjelmahdotus ja ehdotuksen vaikutusarvioinnit esitellään loppuraportissa. Loppuraportissa työryhmä kokoaa yhteen yhteiskunnallisen päätöksenteon pohjaksi keinot, joilla kotimaan liikenne muutetaan nollapäästöiseksi vuoteen 2045 mennessä. Samalla tarkastellaan, onko päästöttömyyteen mahdollista päästä jo nopeammin. Näitä tavoitteita varten esitetään toimenpiteet sekä vaikutusarviot. Lisäksi tarkastellaan päästövähennysten tuomaa taloudellista kasvupotentiaalia.

Väliraportin julkaisun jälkeen työryhmän työ jatkuu sidosryhmien ja kansalaisten näkemysten kartoittamisella sekä aktiivisella vuoropuhelulla. Näkemyksiä kartoitetaan sähköisellä kyselyllä ja vuoropuhelua käydään erikseen järjestettävissä keskustelutilaisuuksissa sekä sosiaalisessa mediassa. Väliraportin tarkoituksena on ollut tuottaa keskustelun pohjaksi perustietoa erilaisten keinojen mahdollisuuksista ja rajoitteista

¹ Energia- ja ilmastostrategia 2016, Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma 2017, EU:n taakanjakopäätös 2018

skenaariotarkastelujen kautta. Syksyn aikana työryhmä hahmottelee toteuttamiskelpoisen ehdotuksen toimenpideohjelmasta.

Työryhmän tulee arvioida työnsä kuluessa muun muassa:

- Liikennevälineiden teknologista kehitystä
- Biopolttoaineiden roolia vuonna 2030 ja sen jälkeen
- Kuluttajakäyttäytymisen muutosta
- Yhdyskunta- ja aluerakenteen sekä liikennesuoritteen kehittymistä
- Vaikutuksia, joita olisi liikenteen ottamisella päästökaupan piiriin
- Muissa maissa käytettyjä keinoja päästövähennysten aikaansaamiseksi
- Ehdotettujen toimien taloudelliset ja alueelliset vaikutukset sekä vaikutukset julkiseen talouteen, kasvupotentiaaliin ja eri väestöryhmien asemaan.

Tässä väliraportissa keskitytään kuvaamaan sitä, millaisia vaihtoehtoisia polkuja meillä olisi liikenteen päästötavoitteiden saavuttamiseksi. Tarkoituksena ei ole ennustaa tai tuottaa tarkkoja tulevaisuuskuvia vuodesta 2045, vaan keskittyä lähivuosien muutostarpeisiin, erityisesti vuosiin 2020–2030. Esimerkiksi henkilöautot romutetaan Suomessa keskimäärin vasta 20 vuoden jälkeen käyttöönotosta. Vuoden 2045 autokantaan vaikuttavat toimet on siksi tehtävä viimeistään vuonna 2025 tai aiemmin. Innovaatiot, jotka tulisivat käyttöön vasta 2030-luvulla, eivät ehdi ratkaista haastetta. Raportin painopiste on siten lähitulevaisuudessa käyttöön otettavien toimenpidevaihtoehtojen tarkastelussa.

Väliraportissa esitettyjen yksittäisten toimenpiteiden vaikutusten arviointi on alustava ja suuntaa antava, eikä niiden yhteisvaikutusta ole vielä arvioitu. Vaikutusten arviointia syvennetään työryhmän loppuraportissa niiden toimenpiteiden osalta, jotka valikoituvat osaksi loppuraporttia. Väliraportin kussakin skenaariossa esitetyt toimenpiteet saattavat olla osin päällekkäisiä eikä niiden yhtäaikainen käyttöönotto välttämättä olisi kustannustehokasta. Loppuraportissa tarkastellaan, millä toimenpiteiden yhdistelmillä saataisiin aikaan vaikuttavin ja yhteiskuntataloudellisesti tavoiteltava lopputulos.

1.2 Ilmastotoimien aika on nyt

Ilmastonmuutoksen torjuminen on eräs keskeisimmistä ihmiskunnan haasteista nyt ja lähitulevaisuudessa. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen poistaminen on merkittävä osa ratkaisua, sillä esimerkiksi Suomessa liikenne muodostaa noin viidenneksen näistä päästöistä. Käynnissä oleva ihmiskunnan aiheuttama ilmastonmuutos johtuu pääasiassa kasvihuonekaasujen, ennen kaikkea hiilidioksidin määrän lisääntymisestä

ilmakehässä. Ilmastonmuutoksen eteneminen riippuu kasvihuonekaasupäästöjen ja niitä sitovien nielujen tulevasta kehityksestä. Kasvihuonekaasupäästöt riippuvat mm. energian tuotannon ja -kulutuksen kehityksestä, väestönkasvusta ja maankäytön muutoksista.

Jos ilmastonmuutosta ei pystytä hillitsemään, sillä on maailmanlaajuiset katastrofaaliset seuraukset yhteiskunnille voimakkaan lämpötilan nousun, erittäin runsaiden sademäärien ja toisaalta kuivuuden, sekä kohonneen merenpinnan johdosta. Vaikka ihmiskunnan kasvihuonekaasupäästöt loppuisivat tänään kokonaan, ilmasto jatkaa lämpenemistään muutaman vuosikymmenen johtuen sinne jo päässeistä päästöistä sekä pienhiukkasten viilentävän vaikutuksen heikentymisestä. Ilmastonmuutos voi tuoda mukanaan jyrkkiä, tällä hetkellä vaikeasti ennakoitavia muutoksia esimerkiksi merivirtoihin, mannerjäätiköihin sekä myös ekosysteemien toimintaan. On arvioitu, että jo kahden asteen nousu maapallon keskilämpötilassa saattaa neljänneksen tunnetuista eliölajeista sukupuuton vaaraan.

Ilmastonmuutoksen voimistuessa maailmanlaajuiset kielteiset vaikutukset heijastuvat yhä enemmän myös Suomeen. Monet ilmastonmuutoksen kielteisistä vaikutuksista, kuten lisääntyvä kuivuus, tulvat ja merenpinnan nousu, koettelevat kehitysmaita voimakkaammin kuin teollisuusmaita johtuen mm. kehitysmaiden yhteiskuntien haavoittuvuudesta ja väestön alhaisesta koulutustasosta. Tämä voi johtaa maailmanlaajuisen ilmastopakolaisuuden lisääntymiseen. On arvioitu, että ilmastopakolaisten määrä voi lähivuosikymmeninä kasvaa kymmenistä tai sadoista tuhansista kymmeniin tai satoihin miljooniin. Tämä heijastuisi väistämättä myös niihin maihin, jotka luonnontieteellisesti selviäisivät ilmastonmuutoksesta vähemmällä.

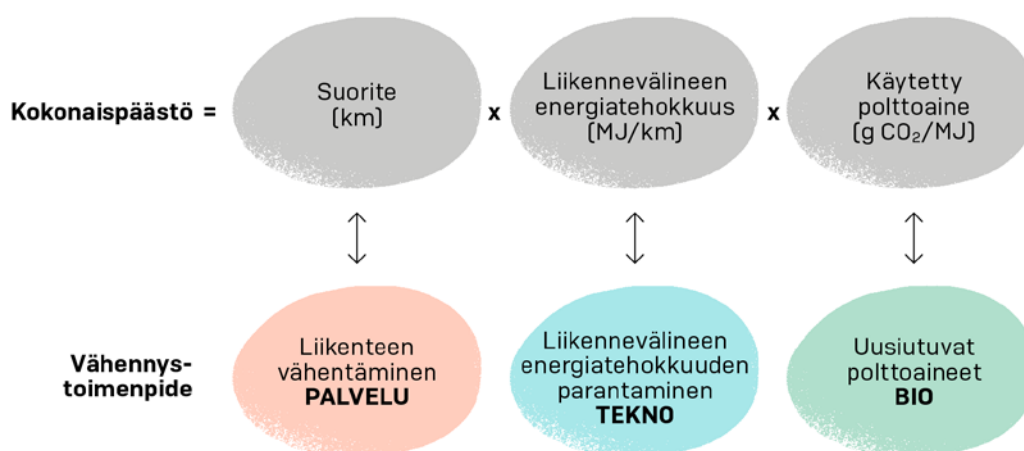
Suomi on asettanut tavoitteekseen olla hiilineutraali vuoteen 2045 mennessä. Tällöin hiilipäästöt ilmakehään ovat yhtä suuret kuin hiiltä ilmakehästä poistavat kasvillisuuden ja maaperän hiilinielut.² Ilmastonmuutosta ei voi torjua pelkin juhlapuhein. Torjunnan tulee näkyä kaikessa toiminnassa ja myös toiminnan rahoituksessa. Ilmastotoimien rahoittamiseen tulisi tulevaisuudessa panostaa merkittävästi nykyistä enemmän. Esimerkiksi liikenne- ja viestintäministeriön kokonaisbudjetista vain noin 0,2 % käytetään ilmastonmuutoksen torjumiseen vuonna 2018.

² Kansallinen energia- ja ilmastostrategia 2016, Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma Kaisu 2017

1.3 Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen kolme kokonaisuutta

Liikenteen aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrä riippuu käytössä olevista polttoaineista, käytössä olevista liikennevälineistä, kuten autoista tai junista sekä liikennesuoritteen määrästä eli esimerkiksi ajettujen kilometrien määrästä. Liikenne tuottaa ennen kaikkea hiilidioksidipäästöjä, joiden määrää voidaan karkeasti jaotellen vähentää kolmella tavalla:

1. Ottamalla käyttöön entistä vähäpäästöisempiä tai uusiutuvia polttoaineita.
2. Siirtymällä liikennevälineissä vähäpäästöisiin tai päästöttömiin teknologioihin (esimerkiksi sähköautot).
3. Vähentämällä päästöjä tuottavan liikenteen suoritetta (kilometrejä) ja parantamalla muilla tavoin liikennejärjestelmän energiatehokkuutta.



CO₂-päästöjen muodostuminen ja niiden vähentäminen liikenteessä

Edelliseen nojautuen väliraporttia varten on luotu kolme muutospolkua eli skenaariota liikenteen muuttamiseksi hiilettömäksi vuoteen 2045 mennessä:

1. BIO-polussa päästöjä vähennetään luopumalla fossiilisista polttoaineista ja ottamalla käyttöön biopolttoaineita tai muita uusiutuvia käyttövoimia.

2. TEKNO-polussa päästöjä vähennetään pääosin hyödyntämällä liikennevälineiden teknologista kehitystä mm. siirtymällä sähköautoihin.
3. PALVELU-polussa päästöjä vähennetään pääosin vähentämällä niitä tuottavan liikenteen suoritetta (kilometrejä) ja parantamalla muilla tavoin liikennejärjestelmän energiatehokkuutta.

Täydentävänä keinona tarkastellaan mahdollisuutta liikenteen päästöjen hyvittämiseen sekä Suomessa että kansainvälisesti. Kansainvälinen liikenne on pääosin rajattu varsinaisten skenaariotarkastelujen ulkopuolelle, koska kansainvälinen liikenne ei kuulu Pariisin ilmastopimuksen tai EU:n taakanjakovelvoitteen piiriin. Kansainvälisen liikenteen energiankulutuksesta aiheutuvaa raaka-aineiden tarvetta käsitellään kuitenkin tarvittavilta osin raportin teksteissä ja taustaosiossa.

Kussakin skenaariossa liikenteen kasvihuonekaasupäästöt poistetaan vuoteen 2045 mennessä muuttamalla pääasiallisesti yhtä keskeistä tekijää (käytetty polttoaine, liikenneväline tai liikennesuorite). Skenaariot on rakennettu niin sanotun perussuunnitelman päälle, joka on kuvattu muun muassa keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmassa sekä tämän raportin liitteessä.³

Skenaarioilla kuvataan tässä väliraportissa mahdollisia tulevaisuuskuvia ja muutospolkua niihin. Niiden tarkoituksena ei ole ennustaa tulevaisuutta, vaan tuoda esille, millainen Suomi tietyillä toimenpiteillä olisi mahdollista luoda. Skenaarioissa esitetyt lähtöoletukset perustuvat sekä työryhmässä että laajemmin käytyihin asiantuntijakeskusteluihin. **Muutospolut eivät vielä ole ehdotus toteutettavista toimenpiteistä, vaan listaus toimista, joilla eri tulevaisuuskuviin päästäisiin.** Varsinainen toimenpideohjelma esitetään työryhmän loppuraportissa. Väliraportin tekstissä tuodaan yleisellä tasolla esille ehdotettujen toimien odotettavissa olevia vaikutuksia, mutta syvällisempi vaikutustarkastelu tehdään loppuraportissa.

³ Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma Kaisu 2017, <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/80703>

2 Kolme polkua liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen poistamiseen

2.1 BIO-Suomi 2045

2.1.1 BIO-Suomen lähtökohdat

BIO-polussa päästöjä vähennetään luopumalla fossiilisista polttoaineista ja ottamalla käyttöön biopolttoaineita tai muita uusiutuvia käyttövoimia. Biopolttoaineilla tarkoitetaan nestemäisiä ja kaasumaisia liikenteessä käytettäviä polttoaineita, jotka tuotetaan biomassasta. Biomassalla tarkoitetaan maataloudesta (ml. kasvi- ja eläinaineet), metsäteollisuudesta ja niihin liittyvästä teollisuudesta peräisin olevien tuotteiden, jätteiden ja jätetuotteiden biohajoavaa osaa sekä teollisuus- ja yhdyskuntajätteiden biohajoavaa osaa.⁴ Kansainvälisellä tasolla on sovittu, että liikenteen CO₂-päästöjen laskennassa biopolttoaineiden käytönaikaiset päästöt ovat nolla, vaikka päästöjä syntyy biopolttoaineita poltettaessa. Laskennallinen päästöttömyys johtuu siitä, että biomassasta tuotetun polttoaineen hiilidioksidipäästöjen katsotaan sitoutuvan kokonaisuudessaan takaisin eloperäiseen aineeseen ns. hiilikierrossa.⁵

BIO-polku vastaa energia- ja ilmastostrategiassa ja keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmassa esitettyä liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennustetta vuoteen 2030 asti, jolloin biopolttoaineiden osuus liikenteen nestemäisissä polttoaineissa nousee 30 prosenttiin kaikesta kulutetusta nestemäisestä polttoaineesta.⁶ Toisin kuin perusennusteessa BIO-skenaariossa biopolttoaineiden osuus nousee 100 prosenttiin vuonna 2045.

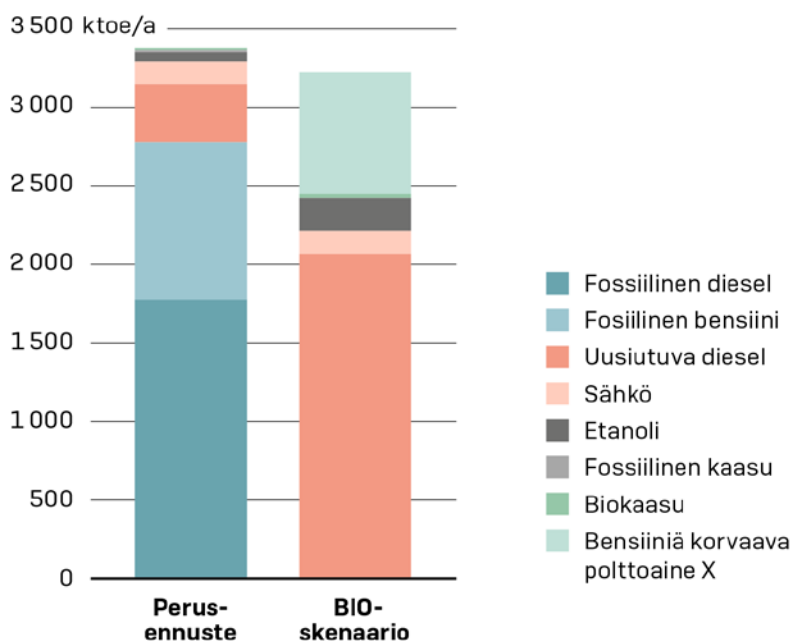
BIO-polussa liikenteen määrän oletetaan jatkavan nykyistä kasvutahtia, sillä kasvun hillitsemiseksi ei tehdä erityisiä toimenpiteitä, kuten PALVELU-polussa. Samoin autojen ja muiden liikennevälineiden uusiutumismisvauhdin ajatellaan pysyvän melko hitaana, koska valtio ei tue uusien toimenpitein ajoneuvokannan uusiutumista. Kasvavan liikennesuorituksen ja keskimääräiseltä iältään vanhojen liikennevälineiden yhteisvaikutuksesta liikenteen kokonaisenergiankulutus pysyy BIO-skenaariossa korkealla tasolla.

⁴ Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä (446/2007) 2 §

⁵ VTT, http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/info_tie.htm

⁶ Energia- ja ilmastostrategia 2016, keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma 2017

Se tarkoittaa, että biopolttoaineiden tarve kasvaa paitsi prosentuaalisesti, myös tonnimäärissä mitattuna vuosi vuodelta.



Tieliikenteen polttoaineet BIO-skenaariossa vuonna 2045 (kiloöljykvivalenttitonnia / vuosi).

2.1.2 BIO-Suomen tulevaisuuskuva

BIO-Suomessa fossiiliset polttoaineet on korvattu biopolttoaineilla. Liikennevälineiden teknistä kehitystä ei ole yritetty nopeuttaa uusien toimenpitein. Koska autokanta on vanhaa, polttoaineena voidaan käyttää pääasiassa sellaisia polttoaineita, joita voidaan sekoittaa olemassa oleviin polttoaineisiin sellaisenaan ilman teknistä sekoitajaa⁷. Biokaasun käyttö ei BIO-Suomessa merkittävästi kasva, koska sen käyttö vaatisi

⁷ Monet biopolttoaineet ovat tekniseltä laadultaan sellaisia, että niitä ei voi nykyisenkaltaisissa autoissa käyttää kuin tiettyynajaan asti. Eri biopolttoaineita koskevat sekoiterajat on määritelty polttoaineiden laatuun liittyvissä standardeissa (EN 228 bensiinille ja EN 590 dieselille) sekä standardeihin pohjautuvassa lainsäädännössä. Standardien mukaan etanolin enimmäispitoisuus bensiinissä saa tällä hetkellä olla 10 tilavuusprosenttia ja biodieselin 7 tilavuusprosenttia. Markkinoilla on kuitenkin myös biopolttoaineita, joihin ei liity edellä kuvatun kaltaista sekoitajaa. Tällaisia ns. drop-in-biopolttoaineita on esim. uusiutuva diesel. Lisäksi eräät biopolttoaineet, kuten biokaasu, vaatii liikenteessä toimiakseen kokonaan omanlaisensa ajoneuvoteknologian. Ks. erilaisista biopolttoaineista enemmän esim. Liikenteen vaihtoehtojen käyttövoimien jakeluverkko. Suomen kansallinen ohjelma. LVM raportteja ja selvityksiä 14/2016.

autokannan ripeää uusiutumista ja suuren määrän kaasuautoja liikenteeseen. Biokaasun käyttö lisääntyy siksi huomattavasti vain TEKNO-skenaariossa.

BIO-Suomessa bensiinin seassa käytetään uusiutuvista raaka-aineista valmistettua etanolia niin paljon kuin eurooppalaiset polttoainestandardit sallivat. Skenaariossa standardien määrittämiin sekoiterajoihin on kyetty vaikuttamaan niin, että etanolia voidaan sekoittaa bensiiniin 30 prosenttia nykyisen 10 prosentin sijaan. Lopun fossiilisen bensiinin korvaamiseksi Suomessa kehitetään uusia, vanhoihin ajoneuvoihin sellaisenaan sopivia uusiutuvia bensiinipolttoaineita (esimerkiksi uusiutuva bensiini). Näiden polttoaineiden osuudeksi oletetaan 70 prosenttia kaikesta liikenteeseen myydyistä bensiinistä. Uusiutuvan dieselin tai muun vastaavan, sellaisenaan ajoneuvoihin sopivan uusiutuvan dieselpolttoaineen osuus dieselistä vuonna 2045 on 100 prosenttia.

BIO-Suomessa kestävästi valmistettujen biopolttoaineiden saatavuuteen liittyy ongelmia ja niiden hinta on noussut. Biopolttoaineita tarvitaan myös lento- ja meriliikenteen kasvaviin tarpeisiin, mikä entisestään lisää niiden saatavuus- ja hintaongelmia. Valtio on joutunut tukemaan voimakkaasti siirtymistä biopolttoaineisiin, jotta kustannukset eivät ole nousseet kohtuuttomiksi kuluttajille ja elinkeinoelämälle.

2.1.3 Polku BIO-Suomeen

Seuraavassa kuvaillaan, millaisin toimenpitein BIO-polussa on päästy tavoitteeseen poistaa liikenteen päästöt vuoteen 2045 mennessä.

Kansallista nestemäisten biopolttoaineiden jakeluvelvoitetta on korotettu portaittain.⁸ Biopolttoaineiden osuus liikennepolttoaineista on ollut 30 prosenttia vuonna 2030, josta niiden osuus on nostettu 80 prosenttiin vuonna 2040 ja 100 prosenttiin vuonna 2045. Jakeluvelvoitteeseen kuulumattoman biokaasun vapautusta veroista on päätetty jatkaa. Vaihtoehtoisten polttoaineiden asemaverkoston rakentuminen on varmistettu valtion tukien avulla, koska biokaasuautojen vähäisen määrän vuoksi kehitys on ollut hidasta markkinaehtoisesti.

⁸ Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä 446/2007

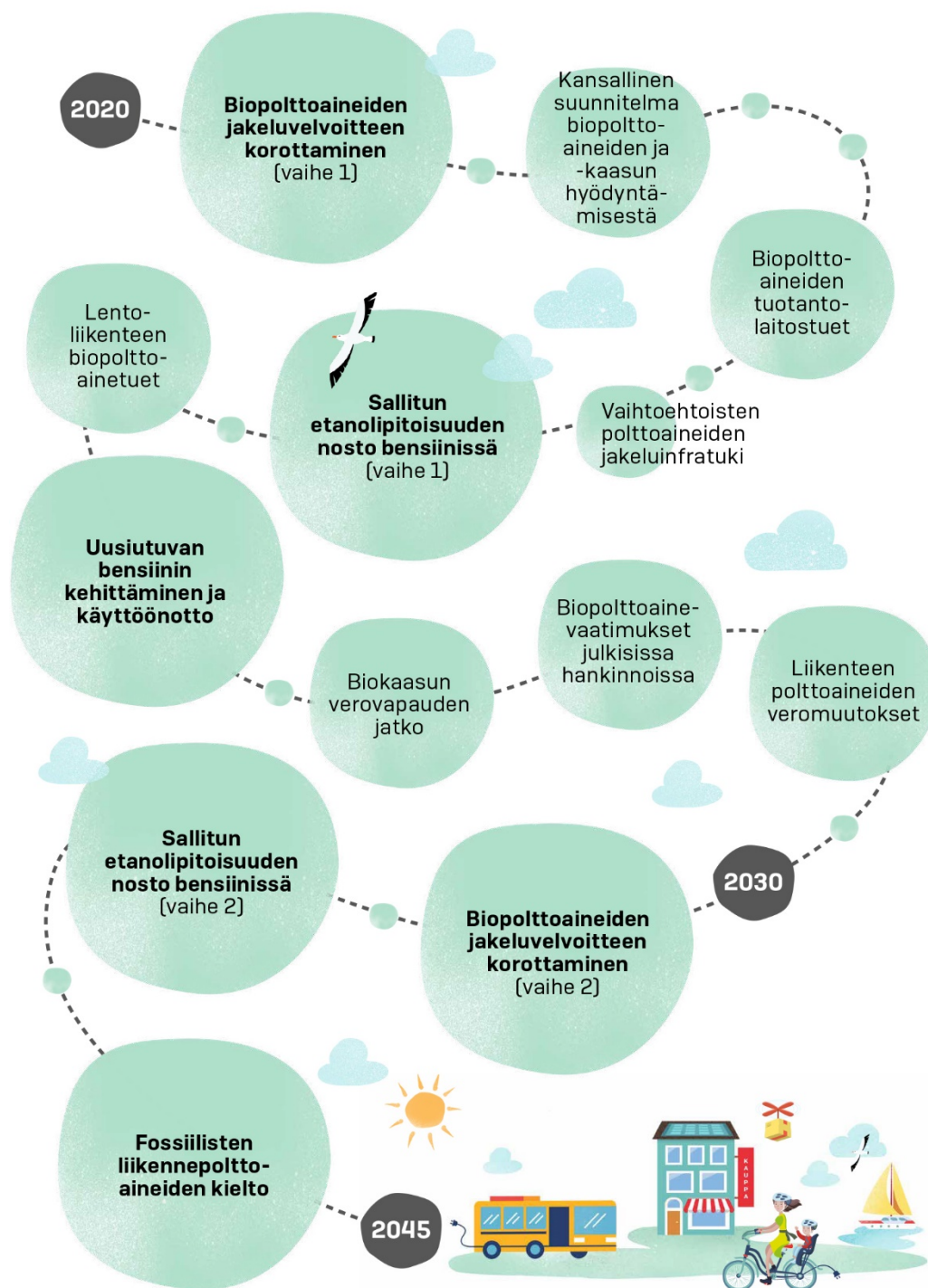
Polttoainestandardeihin on onnistuttu vaikuttamaan kansainvälisellä tasolla niin, että suurin sallittu etanolipitoisuus on kasvanut 30 prosenttiin vuonna 2045.⁹ Bensiinissä bioetanolin osuus on noussut näin ollen 20 prosenttiin vuonna 2030 ja 30 prosenttiin vuonna 2045. Etanolin rinnalle on kansainvälisen vaikuttamisen ja Suomen oman tutkimus- ja innovointityön tuloksena kehitetty sellaisia biopolttoaineita, joita voidaan käyttää nykyisenkaltaisissa bensiiniautoissa myös 100 prosentin pitoisuuksina. Tällainen fossiilisen bensiinin korvaava vaihtoehto on esimerkiksi uusiutuva bensiini.¹⁰ Uusiutuvan bensiinin ja muiden fossiilista bensiiniä korvaavien vaihtoehtojen osuus bensiinipolttoaineesta on noussut 70 prosenttiin vuonna 2045. Fossiilista dieselöljyä on korvattu enimmäkseen uusiutuvalla dieselillä. Lisäksi muita vaihtoehtoja on kehitetty. Fossiilisten öljypohjaisten liikennepolttoaineiden käyttö on kielletty kokonaan vuonna 2045.

⁹ Polttoaineiden laatustandardien mukaan etanolin enimmäispitoisuus bensiinissä on tällä hetkellä 10 tilavuusprosenttia.

¹⁰ Uusiutuvaa bensiiniä ei ole vielä laajasti käytössä, joten skenaario pitää tältä osin sisällään merkittävän epävarmuustekijän.

Bio

-polun keskeiset toimenpiteet ja niiden päästöjä vähentävän vaikutuksen arvioitu suuruusluokka.



Liikenteen polttoaineiden energiasisältövero on laskettu ja hiilidioksidivero on korotettu tuntuvasti biopolttoaineiden kilpailukyvyyn parantamiseksi.¹¹ Toisin sanoen fossiilisten polttoaineiden verotusta on korotettu. Fossiilisen dieselpolttoaineen alennetusta polttoaineverosta sekä kaasuautojen käyttövoimaverosta on luovuttu kokonaan.

Biopolttoaineisiin siirtymistä on vauhditettu myös julkisten hankintojen kautta. Biopolttoainevaatimukset on otettu osaksi julkisen sektorin puhtaiden ajoneuvojen hankintojen minimitalvoitteita. Lainsäädännöllä varmistetaan, että myös yritykset voivat asettaa minimivaatimuksia biopolttoaineisiin liittyen kuljetuspalveluhankinnoissa.

Biopolttoaineiden saatavuutta on edistetty laatimalla kansallinen suunnitelma biopolttoaineiden ja biokaasun hyödyntämisestä. Suunnitelman tavoitteina on ollut mm. jäte- ja tähdevirtojen tehokas hyödyntäminen sekä ravinteiden kierrätyksen lisääminen. Osana suunnitelman toimeenpanoa valtio on tukenut biopolttoaineiden tuotantolaitosten rakentamista merkittävästi. Lisäksi biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoittamisen kieltoa on jatkettu. Kiellolla on saatu edistettyä jätteen kierrätystä ja hyödyntämistä energiana eli lisättyä mahdollisia biokaasun tuotantoon käytettäviä raaka-aineita, jotka muutoin olisivat päätyneet kaatopaikalle. On ryhdytty myös toimenpiteisiin biohajoavan jätteen määrän vähentämiseksi poltettavassa sekajätteessä. Kierrätyslannoitteille on asetettu sekoitusvelvoite mineraalilannoitteisiin, jolla on saatu esim. lantoja kannattavasti biopolttoainetuotantoon. Kompensaatio hiilen sitomisesta maaperään on tuonut nurmimassoja polttoainetuotantoon.

Lentoliikenteessä biopolttoaineiden käyttöä on edistetty valtion tuilla. Lisäksi on otettu kansallisesti käyttöön taloudellinen ohjauskeino, jolla on edistetty lentoliikenteen uusiutuvien polttonesteiden ja sähkön käyttöönottoa. Toimella on tuettu kansainvälisen lentoliikenteen päästöjärjestelmä CORSIAa. Suomi on vaikuttanut kansainvälisiin merenkulun polttoainestandardeihin biopolttoaineiden käytön edistämiseksi. Biopolttoaineiden jakeluvelvoitetta on laajennettu koskemaan soveltuvien osien myös veneilyä ja dieselkäyttöistä raideliikennettä.

2.1.4 BIO-polun vaikutukset

BIO-polun toimenpiteiden vaikutuksia on tässä vaiheessa arvioitu suuntaa antavasti. Vaikutusten arviointia syvennetään loppuraportissa, johon valikoituu vain osa kuvatuista toimenpiteistä. BIO-skenaario tuo esille biopolttoaineiden mahdollisuuksia ja rajoitteita eikä sitä ehdoteta toteuttavaksi sellaisenaan.

¹¹ Ruotsissa ollaan ottamassa käyttöön polttoaineen hintaan tukimuoto nesteytettylle kaasulle noin 20 eurosenttiä per kilo markkinan käyntiin saamiseksi.

BIO-skenaarion toimenpiteet eivät vaadi radikaaleja muutoksia ihmisten tai yritysten toimintatavoissa. Siksi toimet saattaisivat olla kolmesta eri skenaariorista helpoimmin hyväksyttävissä. Biopolttoaineet sopivat nykyiseen kalustoon, logistiikkaan ja kaikkiin liikennemuotoihin, mutta fossiilisten polttoaineiden korvaaminen kokonaan biopolttoaineilla vaatisi joko tuote- ja markkinakehitystä uusiutuvan bensiinin osalta tai teknisiä muutoksia autoihin. Tämä johtuu siitä, että tavanomaisissa bensiiniautoissa ei voida käyttää 100-prosenttista etanolia. Eräillä biopolttoaineilla on verrattain hyvä varastoitavuus ja niitä hyödyntävät liikennevälineet toimivat tarvittaessa myös fossiilisilla polttoaineilla, mikä on etu huoltovarmuuskriiseihin ja poikkeustilanteisiin varauduttaessa.

BIO-skenaariossa liikenteen energiankulutus jää korkealle tasolle, minkä vuoksi sen kattamiseen tarvitaan paljon biopolttoaineita. BIO-Suomen keskeiseksi haasteeksi muodostuvatkin kestävästi tuotettujen biopolttoaineiden saatavuus ja hinta. Tällä hetkellä uusiutuvan dieselin kansainvälisestä tuotannosta noin 40 % ohjautuu Suomeen, Ruotsiin ja Norjaan. Näiden kolmen maan suunnittelemaat biopolttoainetavoitteet vuodelle 2030 nostaisivat pohjoismaisen kysynnän kaksin- tai jopa kolminkertaiseksi. Uusiutuvan dieselin tuotannon lisäämiseksi tehdyt kansainväliset investointisuunnitelmat lisäävät tuotantoa, mutta jopa 55–60 % globaalista uusiutuvan dieselin tuotannosta odotetaan ohjautuvan Pohjoismaihin vuonna 2030. Yleisesti ottaen uusiutuvan dieselin markkinassa on tällä hetkellä niukkuutta ja kysyntää on enemmän kuin tarjontaa. Jos rajalliset biopolttoainevarat käytetään henkilöautoliikenteessä, ei niitä riitä raskaaseen tieliikenteeseen tai lento- ja meriliikenteeseen. Lisäksi biomassaa tarvittaisiin myös hiilensidontaan (BECCS, Bioenergy with carbon capture and storage), joka on välttämätön osa lähes kaikissa Pariisin velvoitteiden mukaisissa skenaarioissa.¹² Biopolttoaineiden hinnan kehitys suhteessa fossiilisten polttoaineiden hinnan kehitykseen on keskeistä taloudellisten vaikutusten arvioinnissa. Arviot hintakehityksestä vaihtelevat, mutta hintoihin kohdistuu nyt jo merkittävää nousupainetta.

BIO-Suomi skenaario on pitkällä aikavälillä taloudellisesti kallis toteuttaa ja se lisää liikenteen kustannuksia. Biopolttoaineiden tuotannon huomattava lisääminen vaatii suuria investointeja. Tuotantokustannuksista ja markkinatilanteesta johtuen biopolttoaineiden kuluttajahinta on korkeampi kuin fossiilisten polttoaineiden. Tämä aiheuttaa kuluttajille ja teollisuudelle liikennöinti- ja kuljetuskustannusten nousua. Tästä voi aiheutua merkittävää haittaa Suomen kilpailukyvyille, varsinkin jos muut kilpailevat maat päätyvät johonkin muuhun edullisemmaksi osoittautuvaan tapaan vähentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä.

¹² Kehitteillä oleva teknologia, jolla hiilidioksidi otetaan talteen ja varastoidaan hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Ks. esimerkiksi <http://www.tyndall.ac.uk/ideas-and-insights/beccs>.

BIO-skenaarion kustannuksia lisää myös liikennemäärien jatkuva kasvu. Liikennemäärien kasvaessa paineet liikenneinfrastruktuuri-investointien lisäämiseen ja infrastruktuurin ylläpitokustannukset voivat kasvaa jonkin verran.

Yleisesti ottaen arviot biopolttoainetavoitteiden saavuttamisen kustannuksista vaihtelevat laajasti ja niiden arvioidaan olevan pidemmällä aikavälillä useita miljardeja euroja yhteiskunnalle, vuodessa jopa miljardi euroa mm. biopolttoaineiden fossiilista polttoainetta korkeamman hinnan, investointien ja mahdollisten tukien vuoksi. Eräiden arvioiden mukaan liikenteen hiilitonnin vähentämisen kustannukset biopolttoaineilla vaihtelevat tällä hetkellä 100–300 euron välillä.¹³ On myös arvioitu, että vuoteen 2030 mennessä tavoitellun kotimaisen biopolttoainetuotannon investointikustannukset olisivat noin 1,5 miljardia euroa.¹⁴ Biopolttoaineiden käytön lisäämisen nettovaikutuksen työllisyyteen ei odoteta olevan merkittävä. Tämä johtuu siitä, että työpaikkojen määrä lisääntyisi biopolttoaineiden tuotannossa ja toimitusketjussa, mutta vähenisi muilla sektoreilla.¹⁵

Biopolttoaineiden merkittävin suomalainen raaka-aine tulevaisuudessa on metsäpuiden biomassa. Biopolttoaineita voidaan valmistaa muiden puusta tehtävien tuotteiden valmistuksen tähteistä (sivutuotteet), metsien hakkuutähteistä (metsähake) ja varta vasten biopolttoaineiden valmistusta varten kaadetuista puista. Biopolttoaineet laskeaan hallitusten välisen ilmastopaneelin IPCC:n ohjeiden mukaan päästöttömiksi liikennesektorilla. Ohjeiden mukaan kokonaisvaikutus ilmaston hiilimäärään saadaan selville laskemalla biopolttoaineiden tuotannon vaikutukset maankäyttösektorin (LULUCF) hiilitaseeseen. Eräs keskeinen haaste biopolttoaineiden laajamittaisessa käytössä on, että hiilinielut voivat pienentyä enemmän kuin liikenteen päästöt Suomessa. Tällaiseen tilanteeseen voidaan päätyä, jos biopolttoaineita tehdään metsähakkeesta tai valmistusta varten joudutaan hakkaamaan puita. Biopolttoaineiden valmistuksen hyötysuhde on matala ja puunkorjuun lisääminen vähentää hiilinielua merkittävästi. Hiilinielujen pieneneminen LULUCF-sektorilla katsotaan EU-lainsäädännössä lisäpäästökseksi, joka on katettava taakanjakosektorilla tehtävillä lisäpäästövähennyksillä¹⁶.

Viime aikoina on eri yhteyksissä yhä useammin nostettu esiin ajatus siitä, että päästöt ja hyvitettäisiin sitomalla hiiltä kasvillisuuteen ja maaperään. Suomessa metsien hiilinielun voimistaminen voisi olla tehokas keino sitoa hiilipäästöjä ja hiiltä ilmakehästä.

¹³ Taustaraaportti kansalliselle energia- ja ilmastostrategialle vuoteen 2030 1.2.2017 (päivitetty 2.2.2017); Roland Berger, Integrated Fuels and Vehicles Roadmap to 2030+; St1 Nordic Oy:n arviot

¹⁴ Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030

¹⁵ Metsäbiomassan kustannustehokas käyttö, Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 23/2017

¹⁶ LULUCF-asetuksen N:o 525/2013 muutos, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A52016PC0479>

Metsäteollisuuden ja biopolttoaineiden valmistuksen lisääntyvä puuntarve ovat ristiriidassa hiilinielun voimistamisen kanssa. Hakkuiden lisääminen pienentää hiilinielua Suomen metsien tulevaisuuden skenaarioissa. Päästöjen hyvittämisen säännöt ja käytännöt eivät ole vielä kehittyneitä valtioiden välisessä ilmastopolitiikassa eivätkä yksityisen sektorin hiilikaupassa.

Puuvarojen käyttö nestemäisten biopolttoaineiden tuotannon kasvattamiseen voi tuoda negatiivisia taloudellisia vaikutuksia myös muille puuta käyttäville sektoreille, erityisesti sellun valmistukselle. Ainespuuta alkaisi ohjautua pois kemiallisesta metsäteollisuudesta sekä sivutuotteita pois energiasektorilta. Jotta tuotantoa voisi syntyä Suomeen, ohjauskeinojen tulisi taata selkeä markkinanäkymä edistyksellisille biopolttoaineille pitkälle tulevaisuuteen. Keskeinen kysymys on, mitkä raaka-aineet katsotaan jatkossa ympäristön kannalta kestäviksi. Nykyisin puuta ei juuri käytetä biopolttoaineiden valmistukseen.¹⁷

Uusiutuvan dieselin pienhiukkaspäästöt ovat merkittävästi pienemmät fossiiliseen dieseliin verrattuna. Kehittyneillä biopolttoaineilla voidaan päästä kokonaan eroon rikkidioksidipäästöistä, ja muut ihmisille tai ympäristölle haitalliset päästöt, kuten typenoksiidi-, häkä- ja hiukkaspäästöt vähenevät mutta eivät poistu kokonaan. Biokaasun hiukkas- ja typenoksidipäästöt ovat olemattoman pienet. Biopolttoaineiden käyttöön-otto ei kuitenkaan oletettavasti vähennä liikennemäärien kasvua, jolloin katupölyn määrä jatkaa kasvuaan. Hiukkasten kokonaispäästöt voivat näin jopa kasvaa, koska hiukkasten epäsuorien päästöjen merkitys on suuri.

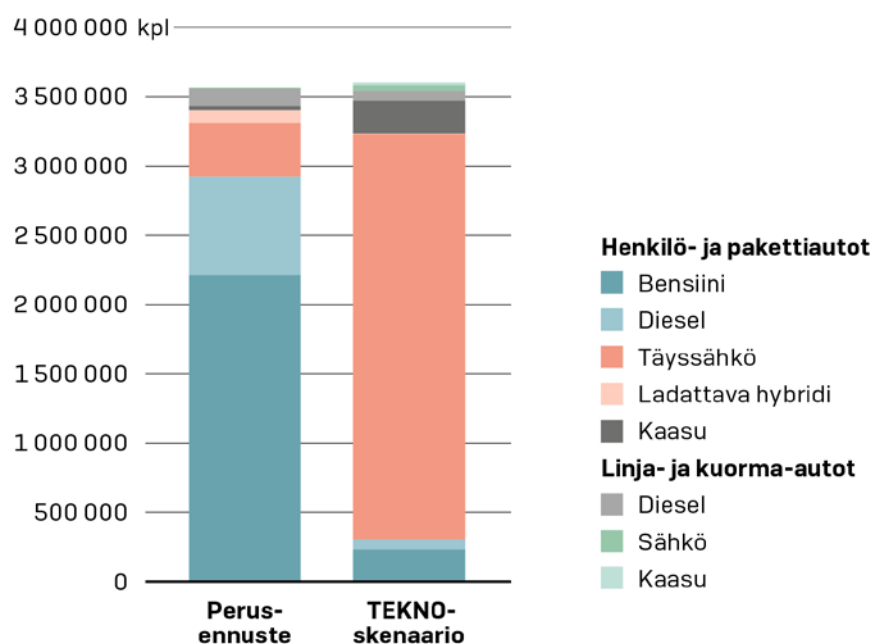
Toimenpidekokonaisuuksissa ei ole tuotu esille muovien mahdollisuuksia liikenteen polttoaineiden raaka-aineena, koska muovi raaka-aineena on fossiilipohjainen. On kuitenkin arvioitu, että muovien käyttö jopa lisääntyy lähivuosikymmeninä kansainvälisesti, minkä vuoksi kierrätyksen ja hyötykäytön näkökulmasta muovin mahdollisuuksien tarkastelu voisi olla kiinnostavaa. Parantuva keräys ja lajittelu tuottaa kasvavia määriä muovijätettä, joka ei kelpaa mekaaniseen kierrätykseen mutta on toisaalta liian hyvää poltettavaksi voimalaitoksella.

¹⁷ Metsäbiomassan kustannustehokas käyttö, Valtioneuvoston selvitys ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 23/2017

2.2 TEKNO-Suomi 2045

2.2.1 TEKNO-Suomen lähtökohdat

TEKNO-polussa päästöjä vähennetään pääosin hyödyntämällä liikennevälineiden teknologista kehitystä muun muassa siirtymällä sähköautoihin. TEKNO-skenaarion perusmuuttujia ovat autokanta ja muut liikennevälineet. Tavoitteena on, että sähkö, vetä tai kaasuteknologiaa hyödyntävien liikennevälineiden osuus kasvaa ja autojen ja muiden liikennevälineiden uusiutumisvauhti nopeutuu merkittävästi nykyisestä. Tässä skenaariossa sähkö- ja vetäautojen osuus uusista henkilöautoista nousee 93 prosenttiin ja kaasukäyttöisten 7 prosenttiin vuoteen 2035 mennessä. Raskaassa kalustossa kaasun osuus on vielä suurempi: 25 prosenttia vuonna 2035 ja siitä eteenpäin.



Liikenteessä olevat autot ja niiden käyttövoimat 2045.

TEKNO-skenaariossa liikennesuoritteen kasvua ei pyritä hillitsemään uusilla toimenpiteillä ja sen oletetaan kasvavan samaa vauhtia kuin liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteessa¹⁸. Biopolttoaineiden osuus liikenteen eri polttoaineissa nousee 100 prosenttiin vuonna 2045. Polttoaineiden kokonaisenergiankulutus on tässä skenaariossa kuitenkin huomattavasti pienempi kuin perusennusteessa, koska liikenne on sähköistynyt merkittävästi.

2.2.2 TEKNO-Suomen tulevaisuuskuva

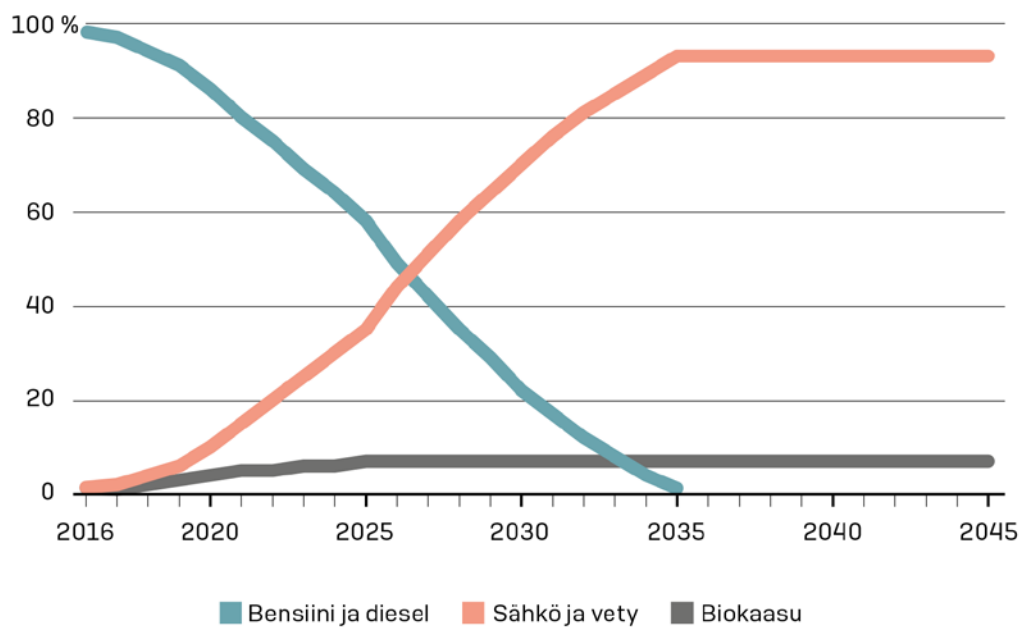
TEKNO-skenaarion toteutuessa Suomi näyttää pääosin samankaltaiselta kuin nykyisin lukuun ottamatta liikenteen merkittävää sähköistymistä ja kaasuautojen esiinmarssia. Ihmiset liikkuvat edelleen paikasta toiseen pääosin omilla henkilöautoillaan ja tavaroista suuri osa kuljetetaan rekoilla ja muilla autoilla. Kasvava tieliikenne aiheuttaa ruuhkia ja muuta tilahtautta enenevässä määrin etenkin kaupunkiseuduilla.

TEKNO-Suomessa autot ja muut liikennevälineet ovat hyvin erilaisia kuin nyky-Suomessa, sillä autokannan uusiutumista on vauhditettu tukemalla voimakkaasti uusien päästöttömien autojen hankintaa. Tavanomaiset bensiini- ja dieselautot ovat lähes täysin kadonneet liikenteestä. Tilalle ovat tulleet erilaiset sähkö¹⁹-, vety- ja kaasuautot. Täyssähköautot ovat henkilöautokannassa kokonaan syrjäyttäneet ladattavat hybridit vuoden 2030 tienoilla. Uudet bensiini- ja dieselhenkilöautot ovat hävinneet auto-kaupoista samoihin aikoihin. Raskaassa kalustossa näkyy monenlaisia sähköautoja (vety- ja johdinautot mukaan lukien), mutta myös perinteisiä polttomootoriautoja, joiden käyttövoimana on uusiutuva diesel, biokaasu tai jokin muu uusiutuva polttoaine. Lähimerenkulussa ja sisävesiliikenteessä sähkökäyttöisten alusten määrä on lisääntynyt merkittävästi.

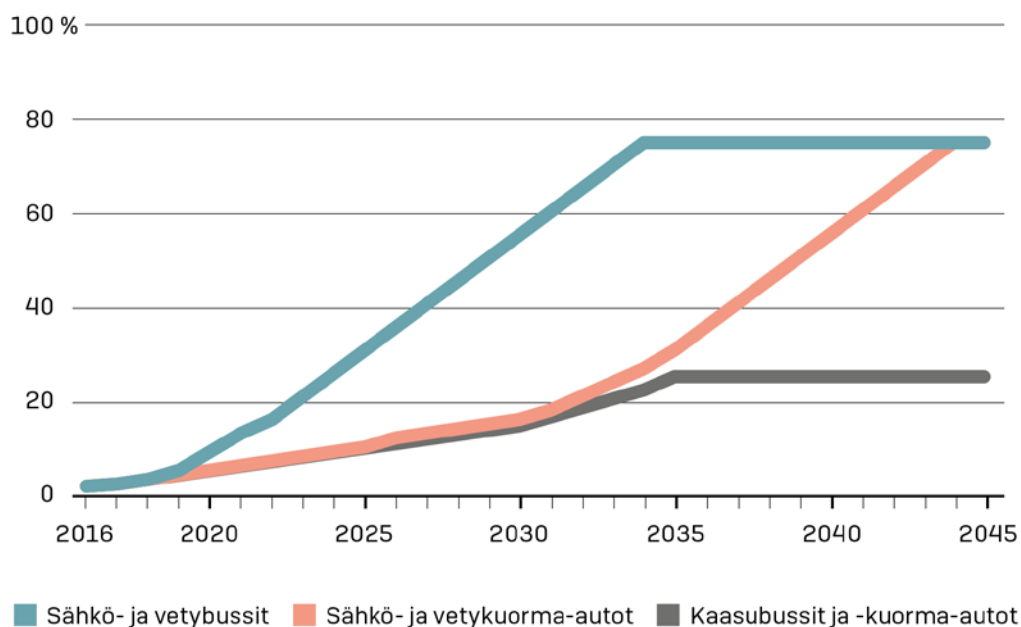
TEKNO-Suomessa on jo vuonna 2030 liikenteessä yli 900 000 sähkökäyttöistä henkilöautoa ja noin 140 000 kaasukäyttöistä henkilöautoa. Vuonna 2045 sähkökäyttöisiä henkilöautoja on jo 2,6 miljoonaa kappaletta ja kaasuautoja noin 215 000 kappaletta.

¹⁸ Kansallinen energia- ja ilmastostrategia 2016, Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma Kaisu 2017

¹⁹ Sähköautolla tarkoitetaan tässä raportissa sekä täyssähköautoa että ladattavia hybridejä. Sähkökäyttöisellä autolla tarkoitetaan täyssähköautoja, ladattavia hybridejä ja vetyautoja.



Uusien käyttövoimien osuus % uusista henkilö- ja pakettiautoista 2016–2045.



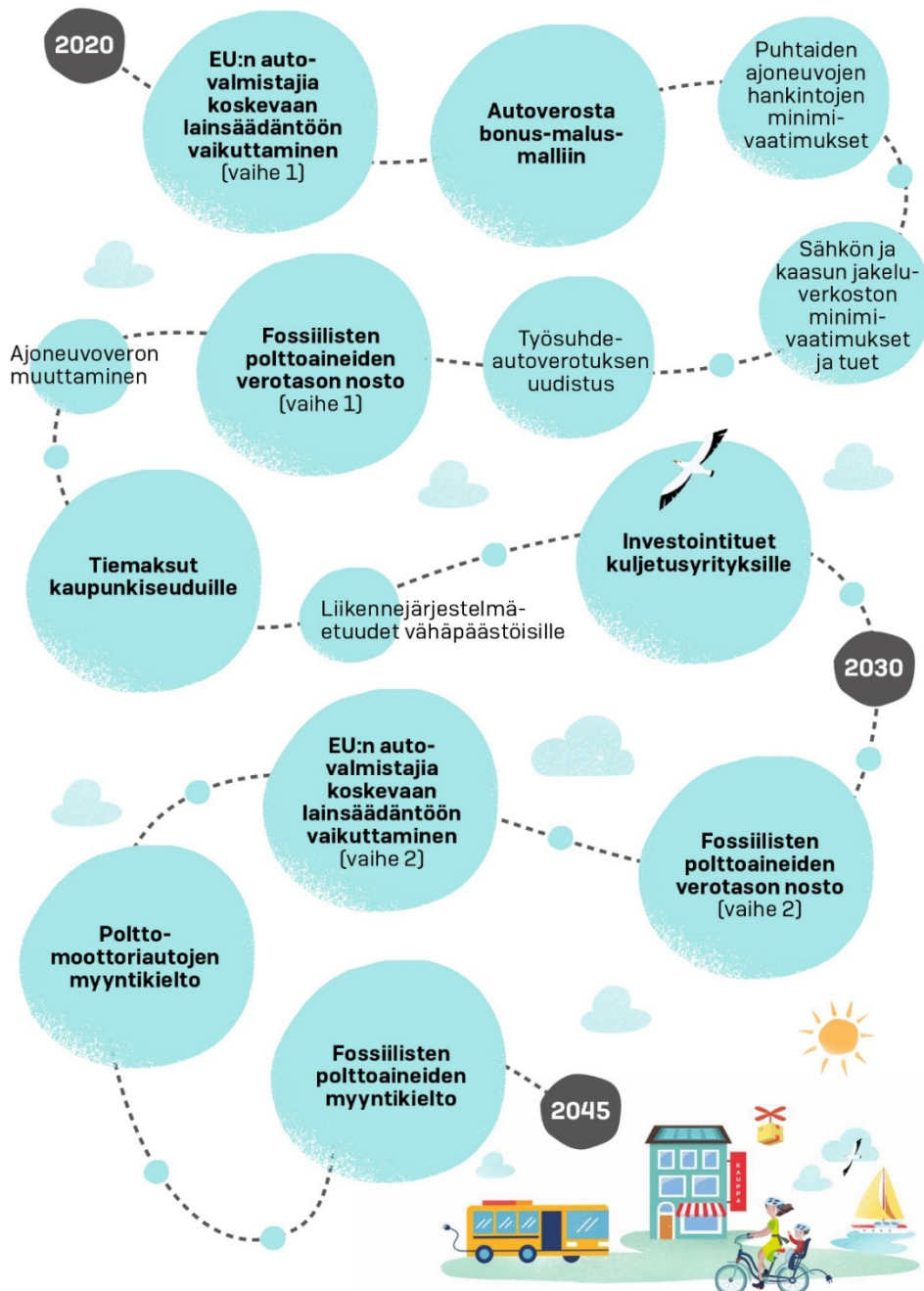
Uusien käyttövoimien osuus % uusista raskaan kaluston ajoneuvoista 2016–2045.

2.2.3 Polku TEKNO-Suomeen

TEKNO-skenaarion keskeisimmät toimenpiteet liittyvät autokannan ja muiden liikennevälineiden uusiutumiseen. Liikenteen sähköistymisen edellytyksiä on parannettu muun muassa EU-lainsäädäntöön vaikuttamalla sekä latausinfraa kehittämällä. Autokannan nopea uusiutuminen on perustunut etenkin sähkö-, vety-, ja kaasuautojen hinnan alenemiseen sekä näiden autojen hankintojen tukemiseen muun muassa verotuksen kautta. Seuraavassa kuvataan, millaisin toimenpitein TEKNO-polussa on päästy tavoitteeseen poistaa liikenteen päästöt vuoteen 2045 mennessä.

TEKNO

-polun keskeiset toimenpiteet ja niiden päästöjä vähentävän vaikutuksen arvioitu suuruusluokka.



EU:n autovalmistajia koskevaa lainsäädäntöä on tiukennettu huomattavasti. Tiukat raja-arvot ovat tuoneet vähä- ja nollapäästöiset autovaihtoehdot suomalaisiin auto-kauppoihin ja näin tehneet kuluttajien viisaat autovalinnat mahdollisiksi. Raja-arvolainsäädäntö on näkynyt myös vähäpäästöisten autojen hinnoissa niitä alentaen.²⁰

Autokannan uusiutumista ja uusien teknologioiden läpimurtoa on nopeutettu erityisesti uusien autojen hankinnan verotusta muuttamalla. Sähköllä, vedyllä ja kaasulla kulkevien autojen autoveroa on alennettu ja fossiilisten bensiini- ja dieselkäyttöisten autojen autoveroa korotettu tuntuvasti. Täyssähköautojen verotus on keveämpää kuin laddattavien hybridien. 2020-luvulla autoverosta on siirrytty ns. bonus-malus -malliin, jossa yhdistyvät vähäpäästöisten autojen tukeminen ja suuripäästöisten autojen verotuksen nosto.²¹ Mallia on sovellettu paitsi henkilöautoihin, myös paketti- ja kuorma-autoihin sekä muihin liikennevälineisiin. Malli on ollut tehokas siirtymävaiheen malli päästöjen vähentämisessä, jolla autokannan muutosta on saatu vauhditettua. Ajan myötä pienipäästöisten autojen osuus on kasvanut ja suuripäästöisten autojen määrä vähentynyt, jolloin järjestelmästä on voitu kokonaan luopua.

Autojen hankinnan verotuksen lisäksi myös autojen käytön verotusta on muutettu määrätietoisesti. Perinteisten bensiini- ja dieselautojen ajoneuvoveroa ja polttoaineve-roa on korotettu vuosittain. Samaan aikaan on alennettu sähkö-, vety- ja kaasuautojen ajoneuvoveroa sekä poistettu niiden käyttövoimavero. Fossiilisen polttoaineen käytön kallistuessa on samalla huolehdittu siitä, että kaikille väestöryhmille on saatavilla koh-tuuhintaisia liikkumiseen soveltuvia palveluita tai muita vähäpäästöisiä liikkumISRatkai-suja. On esimerkiksi helpotettu käytettyjen täyssähköautojen ja biokaasuautojen tuo-mista Suomeen.

Sähkö-, vety- ja kaasuautojen yleistymisen vauhdittamiseksi niiden hankintoihin on myönnetty tukea. Myös muiden sähköisten liikkumisvälineiden, kuten sähköpyörien ja sähköpotkulautojen yleistymistä on edistetty hankintatuilla ja mahdollistamalla niiden käyttö saumattomasti osana matkaketjuja muun muassa lisäämällä turvallisten pysä-köintipaikkojen määrää.

Työsuhdeautojen hankintoja on ohjattu muuttamalla työsuhdeautoedun verotusta. Yri-tykset ovat halutessaan voineet hyödyntää myös vähäpäästöisten autojen ja sähkö-pyörien hankintabonusia. Sähköautojen lataamisen verotus työpaikoilla on muutettu verottomaksi.

²⁰ EU:n autovalmistajia koskevat sitovat CO₂-raja-arvot, Euroopan parlamentin ja neuvoston ase-tus (EY) N:o 443/2009, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=legissum:mi0046>

²¹ Bonus-malus malli, ks. esim. <https://www.government.se/press-releases/2017/05/bonusmalus-system-for-new-vehicles/>

Autokannan uudistumista on vauhditettu myös julkisten hankintojen kautta. Julkisen sektorin puhtaiden ajoneuvojen hankinnoille on asetettu minimitalvoitteet. Puhtaita ajoneuvohankintoja koskevat minimitalvoitteet on TEKNO-Suomessa viety osaksi myös yritysten kuljetuspalveluhankintoja lainsäädännön keinoin. Sähköbussien yleistymistä kaupunkiliikenteessä on lisäksi edistetty muun muassa liikennöitsijöille suunnattujen investointitukien avulla.

Bensiini- ja dieselkäyttöisten uusien autojen (henkilö- ja pakettiautojen) myynti on kielletty vuonna 2035. Uusien käyttövoimien jakeluinfran maantieteellisen kattavuuden varmistamiseksi näitä koskevat (minimi-)talvoitteet on viety lainsäädäntöön. Jakeluvelvoitelain soveltamista on jatkettu. Biopolttoaineiden osuus on vuonna 2045 nostettu 100 prosenttiin.

Autokannan uusiutumista ja uusien käyttövoimien yleistymistä on tuettu viestinnän keinoin. Myös autoala on osallistunut vahvasti tähän työhön omilla viestintä- ja mainosresursseillaan. Eräänä merkittävänä toimenpiteenä on ollut muun muassa autoalan Green deal -sopimus, jonka kannustamana uusien käyttövoimien esiin tuominen autokaupoissa on moninkertaistunut ja arkipäiväistynyt. Uusia käyttövoimia käyttäville autoille on luotu myös oma, muista autoista erottuva rekisteritunnuksensa.

Uusia käyttövoimia käyttäville autoille on joissakin kaupungeissa annettu myös liikennejärjestelmään liittyviä määräaikaista erivapauksia (kaistankäyttö- ja/ tai pysäköintietuudet, ympäristövyöhykkeet jne.). Eräillä kaupunkiseuduilla on otettu käyttöön tiemaksu ja uusia käyttövoimia käyttäville autoille on annettu vapautus siitä. Nämä etuudet ovat kuitenkin olleet vain määräaikaista ja ne on poistettu uusia käyttövoimia käyttävien autojen yleistyessä.

Sähköistä veneilyä on edistetty tukemalla latausinfrastruktuuria etenkin vierasvenesatamissa sekä kehittämällä yhtenäistä jakeluteknologiaa. Sähköistä lauttaliikennettä on edistetty myös julkisten hankintojen kautta. Alusten maasähkön käyttöä satamissa on edistetty. Merenkulussa on otettu käyttöön taloudellisia ja muita ohjauskeinoja, joilla on kannustettu siirtymistä vähäpäästöisen ja päästöttömän teknologian käyttöön. Esimerkiksi lähimerenkulussa ja sisävesiliikenteessä sähkökäyttöisten alusten määrä on lisääntynyt merkittävästi.

Kuljetusyrityksille on otettu käyttöön investointituki, jolla valtio on osallistunut vähäpäästöisen kaluston käyttöönottoon liittyviin kohonneisiin hankintakustannuksiin. Fossiilisen dieselpolttoaineen alennetusta polttoaineverosta sekä dieselpolttoaineen käyttövoimaverosta on luovuttu kokonaan. Uusien teknologioiden käyttöönottoa pienjakeiluissa ja kaupunkilogistiikassa on edistetty tukemalla niihin liittyviä kehittämishankkeita ja mahdollistamalla kokeiluja esimerkiksi sähköisten, automaattisten pienkuljettimien käyttöönottoon.

2.2.4 TEKNO-polun vaikutukset

TEKNO-polun toimenpiteiden vaikutuksia on tässä vaiheessa arvioitu suuntaa antavasti. Vaikutusten arviointia syvennetään loppuraportissa, johon valikoituu vain osa kuvatuista toimenpiteistä. TEKNO-skenaario tuo esille autokannan ja muiden liikennevälineiden uusiutumisen mahdollisuuksia eikä sitä ehdoteta toteutettavaksi sellaiseen.

Tässä skenaariossa liikenteen vaatima energiankulutus pienenee huomattavasti autokannan nopean uudistumisen ja liikenteen sähköistymisen ansiosta. Sähkönkäyttö liikenteessä mahdollistaa myös liikenteen irtautumisen raaka-aineiden polttamisesta. Sähköntuotanto on vähähiilistä ja muuttuu päästökauppalainsäädännön vuoksi entistä vähähiilisemmäksi lähivuosikymmeninä. Liikenteen voimakas siirtyminen sähköön ei muodostu ongelmaksi sähköntuotannon suhteen, kun liikennevälineet ladataan pääasiassa öisin, jolloin muu kulutus on vähäisempää eikä lataaminen näin ollen aiheuta uusia huipputehontarpeita tuotantopuolelle.²²

Koko jäljelle jäävä energiantarve on tässä skenaariossa todennäköisesti mahdollista kattaa energialähteillä, jotka eivät lisää kasvihuonekaasupäästöjä ilmakehässä. Liikenteen sähköistyminen ei vaadi radikaaleja muutoksia ihmisten tai yritysten toimintatapoihin, mikä edesauttaa skenaarion toteutumismahdollisuuksia. Toisaalta skenaario nojaa vahvasti teknologiaan, jonka kehittymisen nopeuttamiseen ei ole mahdollista vaikuttaa juurikaan kansallisesti. Laskennallisesti TEKNO-polku johtaa asetettuun tavoitteeseen eli hiilettömään kotimaan liikenteeseen vuonna 2045 tai mahdollisesti jo aiemmin.

TEKNO-skenaariossa päästöjen väheneminen perustuu autokannan voimakkaaseen uusiutumiseen. Tämän skenaarion taloudelliset vaikutukset riippuvat pitkälti siitä, kuinka autokannan uudistuminen tapahtuu. Mikäli autokanta uudistuu markkinaehtoisesti siten, että esimerkiksi sähköautot halpenevat teknisen kehityksen myötä nopeasti, niin autoilun sähköistymisen kustannukset kuluttajille ja teollisuudelle jäävät pieniksi tai voivat jopa pienentyä käyttökustannusten pienentyessä. Autokannan nopea uudistaminen voi kuitenkin vaatia valtion merkittäviä tukitoimenpiteitä nykyisten verotuskannustimien lisäksi varsinkin 2020-luvulla, kunnes sähköautojen hinnat laskevat tasolle, joka mahdollistaa niiden voimakkaan yleistymisen markkinaehtoisesti. Autoilun sähköistyminen aiheuttaa polttoaineverotulojen vähenemisen, mikä pakottaa val-

²² Sähköautojen vaikutuksista sähköntuotantoon ja huipputehon tarpeeseen ks. esim. Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmastopolitiikan näkökulmasta. LVM julkaisu 12/2011. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/78133>

tion korvaamaan ne muilla veroilla tai esimerkiksi tiemaksuilla. Liikenteen sähköistymisen vaikutukset julkiseen talouteen voivat näin ollen olla suuret sekä kasvavien kustannusten että vähenevien tulojen myötä.

TEKNO skenaarion voimakkaimmat taloudelliset kustannukset ajoittuvat 2020-luvulle, jolloin sähköautot yleistyvät. Tämä asettaa valtiontaloudelle selkeitä paineita. Lisäksi autokannan uusiutuessa polttoaineverotulot vähentyvät, mikä aiheuttaa uudistumispaineita liikenteen verotuksen kokonaisuudelle. Skenaariossa fossiilisia polttoaineita käyttävien autojen käyttökustannukset nousevat. Skenaarion suurin haaste onkin, kuinka varmistetaan, että autoilun kustannukset eivät nouse liian korkeaksi haja-asutusalueilla tai alemmissa tuloluokissa.

Jos liikenteen uusiin käyttövoimiin liittyvän jakeluverkon oletetaan kehittyvän pääosin markkinaehtoisesti, verkko keskittyy ainakin aluksi suuremmille kaupunkiseuduille ja niiden välisille reiteille. Syrjäisemmille seuduille saattaa jäädä suuriakin katvealueita jakeluverkkoon, mikä voi hankaloittaa alueen ihmisten ja yritysten toimintaa.

Autojen lukumäärän ja niillä ajettujen kilometrien määrän kasvun jatkuminen aiheuttaa TEKNO-skenaariossa ongelmia. Ruuhkat lisääntyvät, liikenteen sujuvuus kärsii ja liikenneinfrastruktuuriin tarvitaan lisäinvestointeja. Liikenneinfrastruktuurin kasvaessa myös sen hoito- ja ylläpitokustannukset kasvavat ja vaarana on ns. korjausvelan hallitsematon kasvu. Lisääntyvä liikenne heikentää mahdollisesti myös liikenneturvallisuutta. Asetettuja liikenneturvallisuustavoitteita voi olla vaikea saavuttaa liikennemäärien jatkaessa kasvuaan. Ihmisten fyysisen liikunnan puute taas lisää kansanterveysongelmia ja yhteiskunnan kustannuksia. Suurimpia hyötyjiä ovat ulkomaiset autonvalmistajat sekä kotimaassa latausinfra ja biokaasun jakeluasemia tai tuotantoa rakentavat yritykset.

TEKNO-skenaariossa kasvihuonekaasupäästöjen poistamisen lisäksi liikenteen muut ihmisille ja ympäristölle haitalliset päästöt, kuten typenoksidi-, häkä- ja hiukkaspäästöt, pienenevät liikenteen sähköistyessä. Meluongelmat taajama-alueilla vähenevät, koska sähköautot ovat hiljaisempia kuin perinteiset polttomoottoriautot. Liikenteen sähköistyminen ei kuitenkaan poista kokonaan liikenteen terveyshaittoja, sillä esimerkiksi tienpinnasta irtoaa edelleen pienhiukkasia. Myöskään ympäristön kannalta haitallisen, renkaista irtoavan mikromuovin määrä ei vähene. Lisäksi autojen valmistus aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä. Kasvava automyynti lisää TEKNO-skenaariossa valmistuksen päästöjä pääasiassa ulkomailla. On kuitenkin huomattava, että (poltto-

moottori)autojen käyttö aiheuttaa noin 90 % auton koko elinkaaren aikaisista päästöistä. Siksi uuden, entistä energiatehokkaamman auton hankinta tuo ympäristöhyötyjä jo varsin vähäisellä käytöllä²³.

Bensiinin ja dieselin käytön vähentäminen vesiliikenteessä on haasteellista. Huviveneet ovat pitkäikäisiä ja sähkölatausverkostoa ei ole helppoa laajentaa kustannustehokkaasti vesiliikenteeseen. Fossiilisen bensiinin ja dieselin hinnannousu ohjaa kuitenkin myös veneilijöitä kohti muita käyttövoimavaihtoehtoja.

Kuten muihinkin skenaarioihin, myös useisiin TEKNO-skenaarioon valittuihin ohjauskeinoihin liittyy näkökohtia, joita on arvioitava jatkotyössä huolellisesti. Eräs tällainen näkökohta koskee toimenpiteiden vaikuttavuutta. Empiirisiä tutkimuksia erilaisten ohjauskeinojen vaikuttavuudesta ja kustannustehokkuudesta on olemassa melko vähän. Työryhmän työssä on tunnistettu, että päästövähennyksiä voidaan saada aikaan myös nykyisiä ohjauskeinoja kehittämällä. Esimerkiksi samansuuntaisiin ohjausvaikutuksiin kuin bonus-malus -mallilla voitaisiin päästä porrastamalla autoverotusta nykyistä voimakkaammin kasvihuonekaasupäästöjen mukaan. Erilaisilla ohjauskeinoilla on myös erilaisia muita vaikutuksia kuin päästövähennysvaikutuksia. Myös nämä vaikutukset sekä erilaisten ohjauskeinojen keskinäinen yhteensopivuus tavoitteen kannalta otetaan huomioon jatkotyössä.

2.3 PALVELU-Suomi 2045

2.3.1 PALVELU-Suomen lähtökohdat

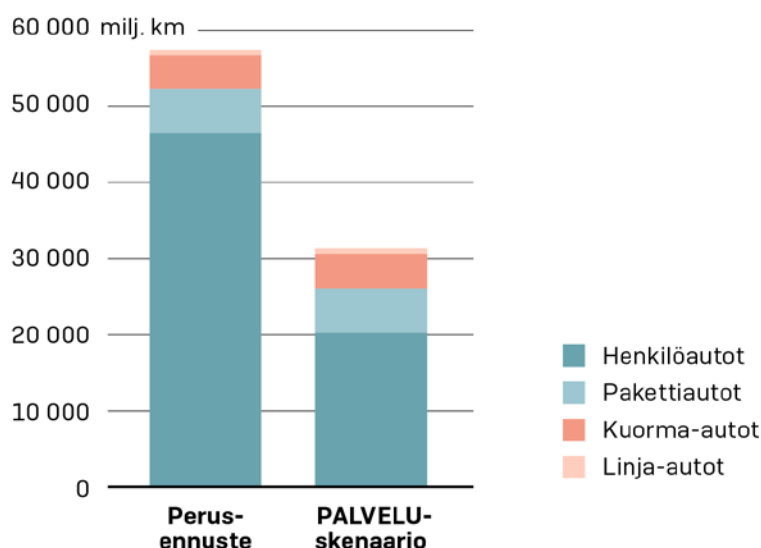
PALVELU-polussa päästöjä vähennetään vaikuttamalla liikenteen suoritteeseen (kilometrejä) niin, että kestävien kulku- ja kuljetusmuotojen osuus kasvaa ja eniten päästöjä aiheuttavien vähenee. PALVELU-polun tavoitteena on, että liikenne on ympäristöystävällisempää, energiatehokkaampaa (vähemmän päästöjä henkilö- ja tonnikilometriä kohti), terveellisempää, vaivattomampaa ja edullisempaa sekä palveluihin perustuvaa. Päästöjä aiheuttavan liikennesuoritteen määrää vähennetään erityisesti tieliikenteessä (sekä henkilö- että tavaraliikenne), sillä noin 90 prosenttia kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä syntyy tieliikenteessä. Tieliikenteen suoritetta pyritään vähentämään erityisesti kaupunkiseuduilla ja niiden välisessä liikenteessä, sillä suurilla ja keskisuurilla kaupunkiseuduilla sijaitsee kaksi kolmasosaa työpaikoista ja

²³ Ks. esim. Kujanpää, Lauri. 2008. Henkilöauton uudistusvälin optimointi energiankäytön, päästöjen sekä kustannusten suhteen tai EEA, 2016. Range of life-cycle CO2 emissions for different vehicle and fuel types, EEA Report No 20/2016,

asuu noin kaksi kolmasosaa väestöstä ja työllisistä.²⁴ Väestön odotetaan entisestään keskittyvän kaupunkiseuduille tulevaisuudessa.²⁵

Henkilöliikenteen osalta kasvua tavoitellaan jaetuissa liikkumisen palveluissa (mm. joukkoliikenne, jaetut kyydit), pyöräilyssä ja kävelyssä sekä niiden yhdistelypalveluissa. Tavaraliikenteen osalta tavoitellaan kestäviä logistisia ketjuja ja pyritään lisäämään energiatehokkaita kuljetusratkaisuja (esimerkiksi kuljetuskapasiteetin käytön tehostaminen, HCT-rekat, kaupunkilogistiikan ratkaisut). Vesiliikenteen ja raideliikenteen osuutta kasvatetaan mahdollisuuksien mukaan, mutta tieliikenne säilyy pääasiallisena kuljetusmuotona.

Kaikkien tämän raportin polkujen lopullisena tavoitteena on tehdä liikenteestä hiiletöntä. Liikennejärjestelmän energiatehokkuutta parantamalla liikenteestä ei pystytäkään tekemään täysin hiiletöntä, elleivät kaikki siirry kävelemään ja pyöräilemään tai käyttämään sähköistä raideliikennettä, mitä ei voida pitää todennäköisenä kehityskulkuna. Tämän vuoksi osa PALVELU-polun päästövähennyksistä katetaan muiden polkujen ratkaisulla. Muilla ratkaisulla katettavaksi jää noin puolet liikenteen tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä tässä skenaariossa.



Tieliikenteen suorite perusennusteessa ja PALVELU-skenaariossa vuonna 2045.

²⁴ <https://www.slideshare.net/TimoAro/alue-ja-vestrakenteen-kehitys-nyt-ja-lhitulevaisuudessa>

²⁵ Tilastokeskus. Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestöennuste [verkkajulkaisu]. https://www.stat.fi/til/vaenn/2004/vaenn_2004_2004-09-20_kar_002.html

2.3.2 PALVELU-Suomen tulevaisuuskuva

Suomessa on siirrytty palveluihin perustuvaan, kestävien liikkumismuotojen liikennejärjestelmään. Erilaisten liikkumispalveluiden käyttö ja yhdistely on yksityisautoilua edullisempaa ja vaivattomampaa ja yksityisautoilun määrä on vähentynyt radikaalisti. Yleinen asenneilmasto on muuttunut kestäviä liikkumismuotoja suosivaksi, kun ilmastomuutoksen haittavaikutukset sekä yksilöihin että yhteiskuntaan kokonaisuutena on tiedostettu vahvemmin. Erilaiset MaaS-palvelut (Mobility-as-a-Service) ovat yleinen liikkumisen muoto. Ihmiset käyttävät palveluja, joissa koko matkan suunnittelu on tehty asiakkaan puolesta ja laajasta liikkumispalvelujen tarjoomasta voi valita itselleen sopivia vaihtoehtoja vaivattomasti. Laaja palveluvalikoima ei ole tarkoittanut liikkumisen monimutkaistumista, sillä palveluja tarjotaan personoituina ja pitkälle automatisoituneina.

Liikenteen automaation lisääntyminen on edelleen tehostanut ja parantanut kestävien liikkumispalvelujen saatavuutta etenkin 2040-luvulta lähtien. Aluksi vaikeiltakin tuntuineita yksityisautoilua vähentäneitä ratkaisuja on jouduttu ottamaan käyttöön, mutta samanaikaisesti on aktiivisesti parannettu vaihtoehtoisten palvelujen (ml. joukkoliikenteen) tarjontaa ja kestävä liikkumisen edellytyksiä. Yhdyskuntarakenteen eheyttämällä on mahdollistettu tehokkaammat ja paremmin palvelevat joukkoliikennepalvelut, jotka on myös osin automatisoitu. Myös liikenteen hinnoittelulla on saatu lisättyä joukkoliikenteen, jaettujen kyytien, muiden liikkumispalvelujen sekä kävelyn ja pyöräilyn houkuttelevuutta suhteessa henkilöautoon, mikä on vähentänyt merkittävästi liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä. Suurimpien kaupunkiseutujen väestö on kasvanut, mikä on lisännyt liikkumispalveluiden kysyntää ja tarjontaa etenkin kaupunkiseuduilla. Maaseudun väestö on edelleen vähentynyt. Jaetun liikenteen, kävelyn ja pyöräilyn lisääntyminen sekä yksityisautoilulle varatun tilan vähentäminen on tuonut kaupunkitilan enenevässä määrin kaupunkilaisten aktiiviseen käyttöön ja kaupunkien viihtyisyys on parantunut. Muun muassa pysäköintialueita on muutettu asuin-, palvelu- ja työpaikkakäyttöön. Kaupunkirakennetta on tiivistetty ja asunnot, palvelut ja työpaikat sijaitsevat lähellä toisiaan. Suurten kaupunkiseutujen välillä kuljetaan pääosin jaetussa liikenteessä, kuten junilla tai linja-autoilla.

Asuminen on entisestään keskittynyt kaupunkiseuduille, mikä on osaltaan mahdollistanut siirtymisen yksityisautoilusta kestävämpiin kulkutapoihin. Harvaan asutuilla alueilla omalla autolla liikkuminen on edelleen merkittävässä roolissa, mutta jaettujen kyytien nykyistä parempi saatavuus ja vaivattomuus on vähentänyt yksityisautoilua koko maassa. Kaupunkiseuduilla liikennejärjestelmän tehostuminen on vähentänyt päästöjä erityisesti joukkoliikenteen, kyytien jakamisen sekä pyöräilyn ja kävelyn kasvun myötä. On myös syntynyt runsaasti uutta, päästöttömän liikkumisen palveluihin perustuvaa liiketoimintaa. Yritysten rooli kestävien kulkutapojen suosion kasvulle työ-

matkoilla on ollut keskeinen. Yritykset ovat lisäksi mm. kohdentaneet pysäköintipaikkojen rakentamatta jättämisestä vapautunutta rahoitusta työntekijöiden jaettujen liikumispalveluiden ja pyöräilyn tukemiseen. Kaupunkiseutujen välillä henkilöliikenteen päästöjen vähentämiseen on päästy erityisesti siirtymällä vähäpäästöisempiin kulkumuotoihin (mm. joukkoliikenne, jaetut kyydit), vähentämällä liikkumistarvetta lisäämällä etämahdollisuuksia ja alentamalla moottoriteiden ylimpiä nopeuksia.

Tavaraliikenteessä ja logistiikassa on saatu vähennettyä päästöjä tonnikipometriä kohden erityisesti digitalisaatiota hyödyntämällä ja tieliikenteen energiatehokkuustoimilla; tehostamalla logistisia ketjuja, kasvattamalla yksittäisten kuljetusten mittoja ja massoja (HCT-kuljetukset), lisäämällä letka-ajoa sekä käyttämällä kuljetuskapasiteettia tehokkaammin. Rautateiden infrastruktuurin kehittäminen ja kilpailun myötä parantuneet rautateiden liikennepalvelut ovat siirtäneet osaltaan kuljetuksia tieverkolta rataverkolle. Lisäksi rautatie- ja vesiliikenteen kuljetuksien osuutta on kasvatettu jonkin verran mm. muuttamalla kuljetusten verotuskäytäntöjä siten, että ne palkitsevat kestävästä logistiikkaratkaisusta. Kaupunkiseuduilla päästövähennyksiä on saavutettu myös kehittämällä jakelulogistiikan ratkaisuja mm. hyödyntämällä kevytajuoneuvoja ja automaatiota.

Liikennejärjestelmän energiatehokkuutta parantavat toimet ovat vähentäneet liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä noin puolella. Pelkillä energiatehokkuustoimilla ei ole kuitenkaan saatu poistettua kaikkia liikenteen päästöjä. Sen vuoksi tie-, vesi- ja lento-liikenteessä on tuettu siirtymää fossiilisista polttoaineista biopolttoaineiden käyttöön.

2.3.3 Polku PALVELU-Suomeen

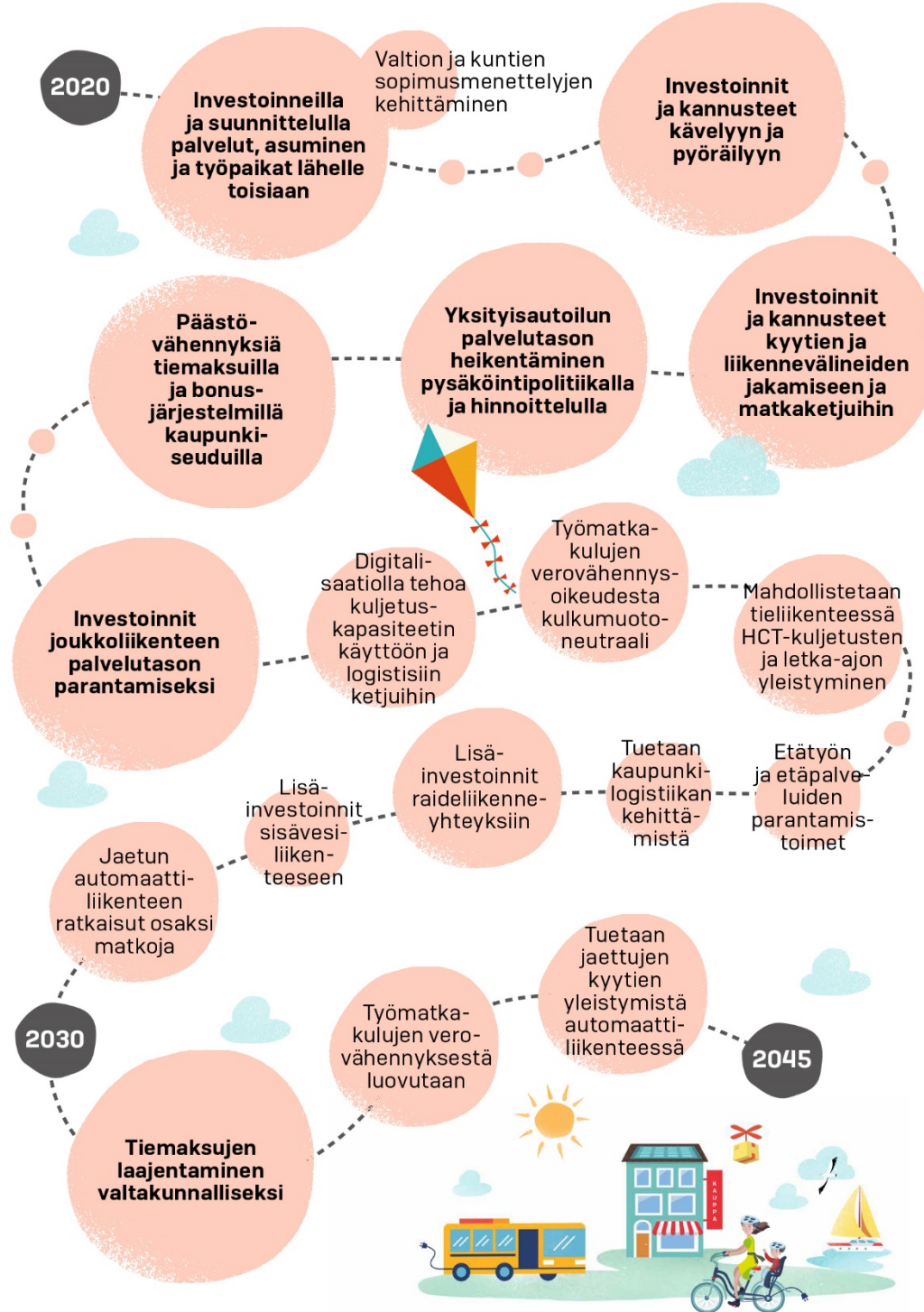
PALVELU-polussa pyritään liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseen erilaisilla toimenpiteillä, joiden vaikutusten voimakkuus ja aikajänne vaihtelevat. Ihmisiä ohjataan tekemään kestäviä kulkutapavalintoja taloudellisin ohjauskeinoin sekä edistämällä palveluihin perustuvan liikennemarkkinan syntymistä ja kestävästä liikkumista suosivaa yhdyskuntarakennetta ja energiatehokkaan liikennejärjestelmän suunnittelua. Koska esimerkiksi yhdyskuntarakenteen kehittyminen vie vuosikymmeniä, toimenpiteisiin on ryhdytty heti 2020-luvun alussa. Kuljetusten osalta korostuvat etenkin digitalisaation ja automaation hyödyntäminen koko logistisessa ketjussa, millä lisätään kuljetusten energiatehokkuutta sekä infrainvestointien suuntaaminen siten, että ne edistävät vähäpäästöisiä kuljetuksia. Automaation ja digitaalisaation hyödyntäminen on keskeisessä roolissa myös henkilöliikenteessä kyytien jakamisessa ja kuljetusten yhdistelyssä. PALVELU-skenaariossa, kuten muissakin skenaarioissa, fossiilisten polttoaineiden käyttö kotimaan liikenteessä kielletään vuoteen 2045 mennessä. Seuraavaksi kuvaillaan, millaisin toimenpitein PALVELU-polussa on päästy tavoitteeseen poistaa liikenteen päästöt vuoteen 2045 mennessä.

Henkilöliikenne

Henkilöliikenteeseen kohdentuvia toimenpiteitä on sovellettu eri tavalla kaupunkiseuduilla, kaupunkiseutujen välisessä liikenteessä ja harvaan asutuilla alueilla. Lähtökohdana on ollut mahdollisimman sujuva arki kaikilla alueilla. Toteutettujen toimenpiteiden hyväksyttävyyttä ja käyttöönottoa on edistetty viestimällä niistä eri tavoin, ottamalla kansalaiset ja yritykset mukaan suunnitteluun, kokeiluilla sekä luomalla erilaisia yhteistyöverkostoja.

PALVELU

-polun keskeiset toimenpiteet ja niiden päästöjä vähentävän vaikutuksen arvioitu suuruusluokka.



Liikkumisen palvelujen käytön yleistymistä ja joukkoliikenteen käyttöä on edistetty yhteistyössä valtion, kuntien ja yksityisen sektorin kesken. Liikkumisen palveluista on tullut kilpailukykyisiä sujuvuudeltaan, helppokäyttöisyydeltään ja hinnaltaan yksityisautoilun kanssa. *Yksityisautoihin kohdentuvaa verotusta* on kiristetty. Muun muassa fossiilisen polttoaineen verotusta on korotettu. Julkinen liikenne muodostaa usein keskeisen osan liikkumisen palvelusta, minkä vuoksi julkisen liikenteen palvelutason kehittämisellä on ollut iso rooli liikkumisen palvelujen markkinan kasvattamisessa. Yhteyksiä keskeiseen julkisen liikenteen palveluverkkoon on vahvistettu mm. erilaisilla first & last mile -ratkaisulla, kuten automaattijoneuvoilla sekä jaetuilla sähköisillä liikkumisvälineillä ja pyöriillä, jaetuilla kyydeillä sekä panostamalla joukkoliikenteen asemien ja pysäkkien lähistön kävely-ympäristön laatuun. On varmistettu, että julkisesti tuotettu liikenne joko osana kaupallisesti tuotettuja palveluja tai yksinään on palvelutasoltaan korkealaatuisia ja hinnoittelultaan kilpailukykyistä. Liikkumisen palvelujen toimivuutta on tukenut tietojärjestelmien yhteentoimivuus. Valtakunnallisesti kattavat informaatiojärjestelmät ja erilaiset mobiilisovellukset ovat tehneet liikkumisesta vaivatonta ja parantaneet myös maaseudulla ja harvaan asutuilla alueilla uusien liikkumispalveluiden käyttöönottoa, esim. kutsupohjaisia kuljetuspalveluja. Jaettua liikkumista on tuettu alkuun myös ottamalla käyttöön kotitalousvähennystyyppinen ratkaisu seuraavien palveluiden ostoihin: jaetut kyydit, jaetut liikkumisvälineet ja julkinen liikenne. Lisäksi julkisia toimijoita ja yrityksiä on kannustettu siirtymään autojen ja muiden liikkumisvälineiden yhteiskäyttöpalveluiden käyttöön. Verotuksellisesti kaikkia liikkumisen palveluja on siirretty kohtelevaan samalla tavalla.

Kaupungit ovat kehittäneet *pysäköinnin* ohjausta yhteistyössä valtion ja yritysten kanssa. Valtio on lainsäädännöllä mahdollistanut uusia keinoja, joilla kunta voi ohjata pysäköintiä ja tiukentanut pysäköinnin verotusta tekemällä työnantajan tarjoamasta pysäköinnistä verotettavan luontoisedun. Yritykset ovat sitoutuneet vähentämään tarjoamiensa autopysäköintipaikkojen määrää ja uusia pysäköinti-investointeja ei ole tehty. Työnantajat ovat olleet mukana kehittämässä ja tukemassa työpaikkojen suunnitelmallista kestävästä liikkumisesta. Työpaikkojen, palvelujen ja asuntojen yhteyteen rakennettavien pysäköintipaikkojen määrää on saatu vähennettyä samanaikaisesti kuin erilaisten liikkumispalvelujen tarjonta on kasvanut. Kestävä liikkuminen on priorisoitu sijoittumISRatkaisuissa, pysäköintiä on tehostettu ja se on hinnoiteltu kustannusperusteisesti. Pysäköinti on ohjattu kaupungeissa pääosin keskitettyihin yksiköihin ja liityntäpysäköintialueille. Yhteiskäyttöautoille ja muille jaetuille liikennevälineille on annettu pysäköintietuisuuksia.

Kävelyn ja pyöräilyn edistämishjelma on pantu kokonaisuudessaan täytäntöön ja sen resursseja on kasvatettu tuntuvasti. Kaupunkiseutujen yhdyskuntarakennetta on kehitetty priorisoiden sekä kävelyä että pyöräilyä. Kävelyn erottaminen muusta liikkumisesta on parantanut liikkujien turvallisuutta ja viihtyisyyttä. Pyörien pysäköintijärjeste-

lyjä on parannettu ja osana tätä mm. pyörien liityntäpysäköintipaikkojen määrää on lisätty valtion ja kuntien yhteistyönä. On luotu mahdollisuudet ympärivuotiseen pyöräilyyn ja pyöräilyn toimimiseen osana liikkumisen palveluja. Suuri joukko työpaikkoja on sitoutunut edistämään työmatkapyöräilyä mm. parantamalla sosiaalituloja ja palkitsemalla työntekijöitä työmatkapyöräilystä.

Yhdyskuntarakenteen tiivistäminen on vähentänyt liikkumistarvetta, kun työpaikat, palvelut ja asuminen sijaitsevat lähempänä toisiaan liikenteellisesti hyvissä paikoissa. Samalla kestävien liikkumismuotojen kysyntä on lisääntynyt ja edellytykset luoda tehokasta joukkoliikennettä ovat parantuneet. Täydennysrakentaminen on kohdistettu kestävien liikkumistapojen kannalta ensisijaisille vyöhykkeille ja haja-asutusalueille rakentamiseen on suhtauduttu pidättyvästi. Kysynnän lisääntyessä on voitu parantaa julkisen ja muun jaetun liikenteen tarjontaa sekä mahdollisuuksia kävelyyn ja pyöräilyyn. Lähipalveluiden saatavuutta on parannettu ja vältetty sellaista palveluiden keskittämistä, joka pidentäisi autolla tehtäviä asiointimatkoja. Kaupunkiseutukohtaisissa kuntien ja valtion välisissä pitkäjänteisissä sopimuksissa ilmastotavoitteet on nostettu keskiöön. Osana yhteistyötä on mm. investoitu liikenteellisten solmukohtien, kuten asemanseutujen kehittämiseen ja tehty niistä kestävästä liikkumisesta ja palvelujen viihtyisiä tukipisteitä. Myös melusuojausta on parannettu ja ajoneuvoliikenteen nopeuksia alennettu, mikä on mahdollistanut täydennysrakentamisen olemassa olevien väylien varrelle. Oikea-aikaisilla joukkoliikenneinvestoinneilla on pystytty luomaan myös uutta maankäyttöä ja ohjaamaan täydennysrakentamista.

Liikenteen ja liikkumisen tietoa hyödyntämällä on tehostettu liikennejärjestelmän ope-
rointia ja yhdistetty henkilö- ja tavarakuljetuksia. Tiedon avulla on edistetty myös siirtymistä kestäviin kulku- ja kuljetusmuotoihin. Harvaan asutuilla alueilla on parannettu liikkumis- ja kuljetustarpeiden koordinoitua ja yhdistelyä. On edistetty mm. yhteiskunnan kustantamien kuljetusten yhdistelyä ja panostettu kutsuliikenteen ja uusien liikkumisen ja kuljettamisen palvelumallien innovointiin ja kehittämiseen sekä hallinnonrajat ylittävään yhteistyöhön.

Tiemaksut on otettu käyttöön suurimmilla kaupunkiseuduilla mahdollistamalla tämä lainsäädännöllä. Kyseessä on vero, jolla katetaan liikenteestä aiheutuvia kustannuksia (ml. ulkoisvaikutukset, kuten päästöt). Valtiolle kertyneet tiemaksutulot on pyritty kohdistamaan kaupunkiseutujen kestävästä liikkumisesta ja kuljetusten kehittämiseen valtion ja kuntien välisen sopimusmenettelyn kautta. Maksuilla kerättyjen tulojen palauttaminen kaupunkiseuduille on lisännyt maksun käyttöönoton hyväksyttävyyttä. Maksut on asetettu tasolle, joka on vähentänyt ajoneuvosuoritetta kaupunkiseuduilla kymmenyksellä. Tiemaksuilla on myös varmistettu, että liikenteen ympäristövaikutukset, kuten kasvihuonekaasupäästöt, on sisällytetty markkinaehtoisesta liikenteen kus-

tannuksiin. Kaupunkiseutukohtaiset tiemaksut on laajennettu myöhemmässä vaiheessa alueittain porrastetuksi valtakunnalliseksi järjestelmäksi, jossa maksu on koostunut kahdesta osasta: ympäristöohjaavasta verosta ja tiemaksusta.

Kaupunkiseutukohtaiset vapaaehtoiset, *kestävän liikkumisen bonusjärjestelmät* on otettu käyttöön. Järjestelmässä yksittäinen liikkuja voi kerätä henkilökohtaiselle tilille bonuksia valitsemalla kestäviä liikkumistapoja. Kertyneitä bonuksia on mahdollista käyttää julkisessa liikenteessä sekä mukaan liittyneiden palveluntarjoajien palveluissa. Järjestelmä on rahoitettu julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyönä. Kestäviin liikkumismuotoihin siirtyminen on vähentänyt tarvetta julkisen sektorin liikenneinfrastruktuuri-investoinneille. Yksityiselle sektorille se on tarjonnut mahdollisuuden markkinoida kestävän liikkumisen palveluita sekä muita palveluita.

Kaupunkiseutujen välistä vähäpäästöistä liikkumista on edistetty parantamalla *raideliikenneyhteyksiä*. Raideliikenteen osto- ja velvoiteliikennettä on lisätty, rautatieliikenteen markkinoita on avattu henkilöliikenteessä, liikenteen ohjausta on tehostettu, vaihtoyhteyksiä muihin liikennemuotoihin on parannettu ja rautatiekapasiteettiä on lisätty erityisesti työmatkaliikenteen sujuvoittamiseksi. Junaliikenteen suunnittelussa ja kilpailun avaamisessa on varmistettu työssäkäyntialueiden yhteydet ja palvelutaso. Junaliikennettä on nopeutettu etenkin kasvukäytävien sisällä ja välillä tavoitteena korvata pitkämatkaista henkilöautoliikennettä ja lentoliikennettä. Kaupunkiseutujen välisen liikenteen päästöjä on vähentänyt raideliikenneyhteyksien parantamisen lisäksi ylimpien nopeuksien rajaaminen moottoriteillä 110 kilometriin tunnissa.²⁶

Automaattiajamisen edellytysten parantamiseen on panostettu valtion, kuntien ja yksityissektorin yhteistyönä. Alkuvaiheessa automaatiota on hyödynnetty etenkin kaupunkiseutujen sisäisessä liikenteessä lyhyillä, ennalta määritellyillä reiteillä, mikä on parantanut jaetun liikenteen palvelutasoa. Myöhemmässä vaiheessa automaattiajaminen on laajentunut siten, että vuonna 2045 lähes puolet autoista on jo ns. korkean tason automaattiautoja. Tämä yhdessä liikenteen muun digitalisaation kanssa on parantanut merkittävästi jaettujen kyytien palvelutarjontaa.

Asunnon ja työpaikan välisten matkakulujen verovähennystä on yksinkertaistettu siten, että vähennys määräytyy pelkästään asunnon ja työpaikan välisen etäisyyden perusteella kulkumuodosta riippumatta. Tämä on johtanut etenkin joukkoliikenteen ja jaettujen kyytien käytön lisääntymiseen. Myöhemmässä vaiheessa verovähennyksestä on luovuttu, mikä on toiminut kannusteena asua työviikon aikana lähellä työpaikkaa ja lisännyt edelleen kestävän liikkumisen suhteellista osuutta. Uudistusten mahdollisia kielteisiä vaikutuksia työvoiman alueelliseen liikkuvuuteen on kompensoitu muilla työn

²⁶ Ajonopeuden liikenneturvallisuus- ja ympäristövaikutukset. VTT Technology 197.
<https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2014/T197.pdf>

vastaanottamisen kannustimia vahvistavilla toimilla. Autoedun ja työsuhdematkalipun rinnalle on luotu liikkumispalvelu, joka määrittelee luontaisedun arvon liikkumispalvelupaketeille. Myös liikkumispalvelujen arvonlisäverokanta on asetettu samalle tasolle muiden liikkumispalvelujen kanssa.

Työn, asumisen ja liikenteen yhteensovittamista ovat edistäneet myös etämahdollisuuksien parantamistoimet. Etämahdollisuuksien käytön lisäämiseksi on laadittu yhteistyössä valtion ja kuntien kanssa valtakunnallinen toimenpideohjelma, jolla on parannettu etämahdollisuuksien käyttöä mm. työnteossa, palveluiden tarjonnassa sekä opetuksessa 2020-luvun aikana. Etätyön tekeminen ja etäpalvelujen käyttö ovat hyviä keinoja vähentää matkustamista ja sitä kautta liikenteestä aiheutuvia päästöjä.²⁷

Tavaraliikenne

Tavaraliikenteeseen kohdentuvia toimenpiteitä on toteutettu valtakunnallisesti. Lähtökohtana on ollut sujuvat kuljetuspalvelut kaikilla alueilla. Toteutettujen toimenpiteiden hyväksyttävyyttä ja käyttöönottoa on edistetty viestimällä niistä eri tavoin, kokeiluilla sekä tekemällä yhteistyötä julkisen ja yksityisen sektorin kesken.

Tieliikenteen tavarakuljetusten energiatehokkuutta on edistetty mahdollistamalla ensinnäkin niin sanottujen *HCT-kuljetusten yleistymisen*, mikä on tarkoittanut yksittäisten kuljetusten mittojen ja massojen kasvattamista. Toisekseen *letka-ajoa* eli ajoa mädalletuilla turvaväleillä on lisätty rekkaliikenteessä, mikä on vähentänyt osaltaan tieliikenteen polttoaineen kulutusta. Lisäksi *digitalisaatiota* hyödyntämällä eli yhteisillä tietorajapinnoilla ja kuljetusten yhdistelyä tukevilla sovelluksilla on saatu tehostettua kuljetuskapasiteetin käyttöä ja logistisia ketjuja.

Kaupunkiseuduilla on kehitetty *kaupunki- ja pienlogistiikkaa* sekä uusia jakelulogistiikan ratkaisuja ottamalla käyttöön mm. autonomiset dronejakelut ja muut logistiikkarobotit sekä eri kuljetuksia yhdistelevät, autonomista jakelua hyödyntävät erityyppiset jakelulokerikot ja pienlogistiikkakeskukset. Esimerkiksi useissa taloyhtiöissä on otettu käyttöön postilaatikoita, joihin autonomiset kuljettimet voivat jättää lähetykset.

Vähäpäästöisiä kotimaan tavaraliikenteen *raide- ja vesiliikennekuljetuksia on lisätty* investoimalla raideliikenneverkkoon sekä meri- ja sisävesiliikenteen infrastruktuuriin ja ottamalla käyttöön tavaraliikenteen tienkäyttömaksut osana valtakunnallista tiemaksujärjestelmää. Vähittäin on siirrytty siihen, että liikenteen päästöjä lisääviä uusinvestointeja väylä- ja muuhun liikenteen infrastruktuuriin on tehty enää poikkeustapauk-

²⁷ Motiva, https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_vii-saasti/etapalvelut_ja_etatyo

sisä. Päästöjä lisääviin infrastruktuuri-investointeihin on sisällytetty ns. ilmastokompensaatiot, joilla on rahoitettu päästöjä vähentäviä toimenpiteitä, kuten kävelyn ja pyöräilyn edistämistä sekä kestävä logistiikkaa.

2.3.4 PALVELU-polun vaikutukset

PALVELU-polun toimenpiteiden vaikutuksia on tässä vaiheessa arvioitu suuntaa antavasti. Vaikutusten arviointia syvennetään loppuraportissa, johon valikoituu vain osa kuvatuista toimenpiteistä. PALVELU-skenaario tuo esille liikennesuoritteiden määrän vähentämisen ja muun liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamisen mahdollisuuksia ja rajoitteita eikä sitä ehdoteta toteutettavaksi sellaisenaan. Tässä skenaariossa erityisesti tieliikenteen suoritteiden väheneminen vähentää liikenteen energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä. Jäljelle jäävä energian kysyntä voidaan katsoa biopolttoaineilla, jos niiden käyttöönottoa tuetaan erilaisin toimenpitein. Autokanta myös pienenee, sillä erilaisten liikkumispalvelujen tarjonta, kyytien jakaminen, joukkoliikenne, pyöräily ja kävely vähentävät tarvetta omistaa auto. Liikenteen palveluistuminen mitä todennäköisemmin nopeuttaisi myös autokannan uusiutumista, mutta tämä kehityskulku on tässä skenaariossa rajattu pois ja sitä tarkastellaan TEKNO-skenaariossa.

Liikkumispalvelujen tarjonnan kasvu ja palvelujen käytön vaivattomuus on tärkeä edellytys sille, että yksityisautoilua ei nähdä enää houkuttelevana. Liikkumisen palvelut on monipuolinen kokonaisuus, jossa palvelun käyttäjä voi päättää millä tavoin hän haluaa liikkua ja matkustajalle löytyy aina juuri hänen tarpeisiinsa soveltuvat matkat ja liikkumispalvelut. Samalla matkalla voi yhdistyä esimerkiksi sähköpyöräkyty, juna-matka ja jaettu kyyti yhteiskäyttöautolla ja yhdistelypalvelu voi hoitaa kaiken suunnittelun käyttäjän puolesta. Matkan maksaminen voidaan automatisoida tai matka voi olla osa laajempaa liikkumispakettia. Keskeistä liikkumispalvelumarkkinoiden kehityksessä on, että digitalisaation hyödyntämisellä ja palveluiden suunnitellulla luodaan käyttäjälle vaivaton ja edullinen palvelu.

Liikkumisen palvelut syntyvät pääosin markkinaehtoisesti, mutta joukkoliikenne on usein tärkeä osa liikkumispalvelun matkaketjua. Tämän vuoksi julkisen sektorin panostukset joukkoliikenteen palvelutason parantamiseen ja sen kytkeytymiseen muihin liikkumispalveluihin eivät ainoastaan lisää joukkoliikenteen käyttöä, vaan myös laajemmin liikkumispalveluiden käyttöä. Liikkumispalvelut taas ovat kilpailukykyisempiä yksityisautoilun kanssa kuin pelkkä joukkoliikenne, koska ne tarjoavat enemmän vaihtoehtoja käyttäjälle sekä ns. first and last mile -ratkaisuja, jolloin matka taittuu vaivattomasti ovelta ovelle. Vaikka palveluita kehitettäisiinkin markkinaehtoisesti, julkisen sektorin on mielekästä tukea henkilöautoilua vähentäviä palveluita tai vähintään poistaa esteitä palvelun käyttöönoton tieltä. Liikkumispalveluiden vaikutuksesta liikenteen

kasvihuonekaasupäästöihin ei ole olemassa vielä laajasti tutkimusta, koska markkina on vasta kehittymässä.

Liikkumisen palvelumarkkinan ja kyytien jakamisen kehitykseen liittyy myös liikenteen automaation kehittyminen. Euroopan komissio odottaa Euroopan liikenteeseen integroituvan alhaisten nopeuksien automaatio-ovelluksia kaupunkiympäristöihin 2020-luvulla (esimerkiksi pienet automaattibussit, SAE-taso 4). Automaatioon perustuvien liikumisen palveluratkaisujen odotetaan yleistyvän pääosin urbaanissa ympäristössä 2030-luvulla.²⁸ Päästöjen vähentämistavoitteiden kannalta liikenteen automaation kehitys ei nykyarvioiden mukaan etene tarpeeksi nopeasti. Arvioihin liittyy kuitenkin epävarmuuksia ja automaatio saattaa edetä odotettua nopeammin, jos sen edistämiseen panostetaan. Keskeistä kehityksessä liikenteen päästöjen kannalta on, miten nopeasti henkilöliikenteessä siirrytään käyttämään jaettuja kyytejä. Jaettujen kyytien käytön yleistyminen nopeuttaisi autokannan uusiutumista, mikä taas nopeuttaisi siirtymistä automaatiotasoltaan korkeampiin ja nykyistä vähäpäästöisempiin ajoneuvoihin. Autonjakomarkkinoille odotetaan erään ennusteen mukaan noin 20 prosentin vuotuista kasvua seuraaville 6 vuodelle.²⁹

Liikenteen automaatio ja kyytien ja ajoneuvojen jakaminen vähentää yksityisautoilua, mutta se voi vähentää myös joukkoliikenteen käyttäjämääriä eikä niiden vaikutuksia liikennesuoritteiden määrään ole pystytty luotettavasti arvioimaan. Automaatio tuo joka tapauksessa tieliikenteeseen energiatehokkuutta esimerkiksi liikennevirran sujuvoittamisen myötä.³⁰ Automaation myötä muuttuneet liikkumispalvelut voivat vähentää liikenteen energiankulutusta 0–20 %.³¹ Pysäköintitilan tarve voi vähentyä merkittävästi, mikä mahdollistaa osaltaan yhdyskuntarakenteen tiivistämisen.³² Liikenteen automaation etenemisen odotetaan parantavan merkittävästi liikenneturvallisuutta, mikä voi tuoda 1–2 miljardin euron säästöt vuositasolla Suomessa.^{33 34}

Yhdyskuntarakenteen tiiviydellä, liikennesuoritteella ja kulkumuodolla on selkeä yhteys. Tiiviissä kaupunkirakenteessa työ- ja asiointimatkojen suoritteet ovat jopa alle puolet hajautuneen yhdyskuntarakenteen suoritteesta ja huomattava osa matkoista tehdään kestäväillä kulkumuodoilla: kävellen, pyöräillen ja joukkoliikenteellä. Tältä osin

²⁸ https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/3rd-mobility-pack/com20180283_en.pdf

²⁹ <https://markets.businessinsider.com/news/stocks/carsharing-market-to-witness-a-massive-34-growth-over-2016-2024-1002207831>

³⁰ https://www.trafi.fi/filebank/a/1461576365/fdb4c6b311fb1da01cf40bdf8fd33b5c/20473-Trafi_tutkimuksia_01-2015_-_Automaattiajaminen.pdf

³¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415002694>

³² http://www3.weforum.org/docs/WEF_Reshaping_Urban_Mobility_with_Autonomous_Vehicles_2018.pdf

³³ https://www.caee.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/TRB14EnoAVs.pdf

³⁴ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-863_fi.htm

yhdyskuntarakenteella on merkittävä vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. Suuria toiminnallisen rakenteen muutoksia yhdyskuntarakenteessa aiheutuu erityisesti niistä toiminnoista, jotka aiheuttavat paljon liikennettä. Tällaisia ovat runsaasti asiointia ko- koavat palvelut, kuten vähittäiskauppa, terveydenhuolto ja koulutus. Yhdyskuntara- kenteeseen ja sen aiheuttamaan liikkumistarpeeseen voidaan vaikuttaa merkittävim- min kasvavilla kaupunkiseuduilla.

Toimiva ja taloudellinen yhdyskuntarakenne syntyy nykyistä taajama-aluetta ja infra- struktuuria hyödyntävästä maankäytöstä, sitä tukevasta liikennejärjestelmästä ja uu- sista digitaalisista tai palvelumarkkinaratkaisista. Tiiviimpi yhdyskuntarakenne syn- nyttää kaupungistumiseen liitettyjä kasautumisetuja, kasvattaa tuottavuutta ja paran- taa elinympäristön laatua. Tiivistyvässä rakenteessa monipuoliset ja kestävät kulkuta- vat varmistavat hyvän sisäisen saavutettavuuden, mitä ei tapahdu hajautuneessa ra- kenteessa. Joukkoliikenne, muut liikkumisen palvelut sekä kävely ja pyöräily kytkevät asuin- ja työpaikka-alueet sekä keskuksat toiminnalliseksi kokonaisuudeksi. Kaupun- kialueiden täydennysrakentamisen on todettu olevan yhteiskunnalle keskimäärin sel- västi yhdyskuntarakenteen laajentamista edullisempaa (vrt. MAL-seurannat 4 MAL- sopimusalueelta).

Yhdyskuntarakenteen ja liikennejärjestelmän suunnitteluun ja kehittämiseen liittyy py- säköintipolitiikka. Pysäköinnin suunnittelun ja hinnoittelun kehittämisellä voi olla laa- joja positiivisia vaikutuksia. Nykyisellään pysäköinnistä perittävät maksut eivät usein- kaan kata pysäköintipaikan kunnossapidon kustannuksia tai rakentamiskustannuksia. Lisäksi pysäköintipaikkojen rakentamista edellyttävät autopaikkamäärät nostavat ra- kentamisen kustannuksia. Palveluistunut kaupunkiliikenne vähentää kuntien ja isojen institutionaalisten toimijoiden autopaikkavarauksia ja siten vapauttaa kaupunkitilaa kestäville liikkumismuodoille, tuottavammalle elinkeinotoiminnalle tai tarvittaessa elä- vämmälle, monipuolisemmalle kaupunkikulttuurille. Jaetuilla liikkumisen palveluilla ja tehostetulla joukkoliikenteellä on mahdollista saavuttaa 70 prosentin vähennys auto- paikkoihin nykytilaan verrattuna. Liikennepalvelutarjonnan monipuolistuminen, tehos- tuminen ja tasa-arvoistuminen pienemmällä kalustomäärällä tekee tämän mahdol- liseksi (yhden yhteiskäyttöauton arvioidaan korvaavan laskennallisesti 8–25 omistus- autoa).

Liikkumisvalinnat ovat yksilön valintoja, mihin vaikuttavat ihmisten arvot, elämäntavat, tulotaso ja muut vastaavat muuttajat. Yksilötasolla vapaa-ajan liikkuminen tasoittaa yhdyskuntarakenteesta aiheutuvia huomattavia eroja, ts. pitkiä työ- ja asiointimatkoja tekeillä hajautuneessa yhdyskuntarakenteessa on lyhyemmät vapaa-ajan matkat ja toisin päin: tiiviissä yhdyskuntarakenteessa tehdään pitkiä vapaa-ajan matkoja. Yh- dyskuntarakenne voi mahdollistaa yksilölle huomattavan alhaisen liikkumissuorituksen ja kestävät kulkumuodot, mutta lopulta yksilön omat elämän valinnat määrittävät hiili- jalanjäljen suuruuden. Sen vuoksi vaikuttaminen liikkumisvalintoihin on tärkeää sen

lisäksi, että luodaan yhdyskuntarakenteen tiivistämisellä mahdollisuudet kestäväan liikkumiseen.

Liikkumisvalintoihin vaikuttamisessa taloudellisilla ohjauskeinoilla ja niitä vahvistavalla viestinnällä on merkittävä rooli. Tehokkainta on niin sanottujen pehmeiden ja kovien keinojen yhdistäminen. Yleisesti ottaen ihmiset tekevät kestäviä liikkumisvalintoja silloin, kun kestävien kulkumuotojen käyttö on edullista, helppoa ja sujuvaa. Nykyisellään verotus kannustaa osin ympäristön kannalta vääränlaisiin liikkumisvalintoihin. Esimerkiksi käytössä oleva kilometrikorvaus lisää oman auton käyttöä, koska korvaus ylikompensoi kustannuksia. Tämä johtaa liikennesuoritteiden kasvuun, sillä työntekijä saa verotonta tuloa sitä enemmän mitä enemmän hän ajaa.³⁵ Lisäksi työmatkakuluvähennyksen muuttaminen nykyistä vähemmän yksityisautoilua suosivaksi tai sen poistaminen kokonaan tekisi vähäpäästöiset liikkumismuodot, kuten joukkoliikenteen tai pyöräilyn houkuttelevammaksi vaihtoehdoksi. Verotuksen lisäksi erilaiset tuet ovat tärkeä taloudellinen ohjauskeino, joiden tulisi myös ohjata liikkumista ja kuljetuksia vähäpäästöisempään suuntaan.

Tiemaksu on tehokas taloudellinen ohjauskeino. Sen avulla pystytään tuomaan ajoneuvoliikenteestä aiheutuvat ulkoisvaikutukset yksittäisen käyttäjän päätöksenteon piiriin ja siten vaikuttamaan liikkumisvalintoihin, mikä on liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen kannalta olennaista. Teknisesti tiemaksujen keräys voidaan järjestää nykyisin kustannustehokkaasti. Selvitysten mukaan tiemaksuilla voidaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen lisäksi kasvattaa joukkoliikenteen käyttöä, parantaa liikenneturvallisuutta, vähentää liikenteen aiheuttamia terveyshaittoja, lieventää ruuhkia, lyhentää matka-aikoja ja edistää tiiviin yhdyskuntarakenteen kehittymistä. Tiemaksujen käyttöönotolla voidaan saavuttaa siten laajahkoja yhteiskunnallisia hyötyjä, mutta vaikutuksen suuruus kuhunkin tekijään riippuu siitä, mitä maksuilla ensisijaisesti tavoitellaan. Ensisijainen tavoite, tässä tapauksessa päästöjen vähentäminen, määrittää sitä, miten järjestelmä rakennetaan. Tiemaksujen vaikutusten alueellisessa jakautumisessa voi olla eroja, mikä on myös otettava huomioon tiemaksujärjestelmää suunniteltaessa.^{36 37 38} Tiemaksujen käyttöönoton hyväksyttävyyttä lisäisi se, jos tuloilla rahoitettaisiin liikennejärjestelmän ylläpitoa ja kehittämistä.

Liikkumisen bonusjärjestelmä saattaa olla hyvä lisätoimenpide vahvistamaan tiemaksujen vaikutusta ja sillä voidaan vaikuttaa liikkumisvalintoihin. Yksinään järjestelmä ei

³⁵ https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2017-11_kestava_tyomatkaliikenne_web.pdf

³⁶ Congestion Pricing, Air Pollution and Children's Health. NBER Working Paper No. 24410, March 2018. <http://www.nber.org/papers/w24410.pdf>

³⁷ HLJ 2015 Jatkoselvitys; Ajoneuvoliikenteen hinnoittelun teknistoiminnallinen selvitys. https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/hsl_julkaisu_4_2016_ajoneuvoliikenteen_hinnoitteluselvitys_teknistoiminnallinen.pdf

³⁸ Oikeudenmukaista ja älykästä liikennettä. Työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 37/2013. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/77940>

välttämättä synnyttä suuria päästövähennyksiä ellei osallistumista järjestelmään tehdä pakolliseksi ja päästövähennystavoitteita sitoviksi. Tällöin päädyttäisiin bonusjärjestelmän sijaan päästökauppaa vastaavaan tilanteeseen, jossa paljon päästöjä tuottavat liikkujat joutuisivat ostamaan päästöoikeuksia kestäväällä tavalla liikkuvilta. Tällainen hajautettu päästökauppajärjestelmä on haasteellinen järjestää ja ylläpitää. Mikäli bonusjärjestelmään rekisteröityvät pääosin käyttäjät, jotka jo liikkuvat kestäväillä tavoilla, järjestelmän päästöjä vähentävä vaikutus voi osoittautua pieneksi.

Kuljetusten energiatehokkuus paranee huomattavasti kasvattamalla tieliikenteen yksittäisten kuljetusten mittoja ja massoja (HCT-kuljetukset). HCT-kuljetukset vähentävät raskaiden ajoneuvosuoritteiden liikennesuoritetta ja polttoaineenkulutusta ja siten myös kasvihuonekaasupäästöjä, mutta myös kuljetettavaan tavaramäärään suhteutettut haitalliset lähipäästöt kuten pienhiukkaset ja typenoksidit vähenevät.³⁹ Tavaraliikenteessä letka-ajon yleistyminen voi vähentää jopa kymmeneksellä kasvihuonekaasupäästöjä ja se vähentää merkittävästi myös tavaraliikenteen kustannuksia.^{40 41} HCT-kuljetusten laajamittainen mahdollistaminen edellyttää kuitenkin merkittäviä investointeja infrastruktuuriin.

Tavaralogistiikan digitalisaatiolla voidaan EU:n tasolla arvioiden saada aikaan 15–30 %:n hiilidioksidipäästöjen vähennys.⁴² Investoinnit raide- ja vesiliikenneinfrastruktuuriin taas nostavat kestävien kuljetusten suhteellista osuutta. Yhdellä laivakuormalla voidaan siirtää suuri määrä lastia, jolloin päästöt per kuljetettu tonni ovat hyvin pienet verrattuna muihin kuljetusvaihtoehtoihin. Esimerkiksi Saimaan kanavan sulkujen pidentäminen mahdollistaisi alusten koon kasvattamisen ja nykyaikaisten vähäpäästöisempien laivojen operoinnin alueella.

Yleisesti ottaen PALVELU-polun toimenpiteiden taloudelliset vaikutukset riippuvat pitkälti siitä, kuinka voimakkaita taloudelliset tai muut kannustimet ja sanktiot ovat, joilla vaikutetaan ihmisten liikkumistapavalintoihin. Niihin ei ole otettu tässä vaiheessa juuriakaan kantaa. Voidaan kuitenkin olettaa, että autolla liikkumisen kustannukset kaupunkiseuduilla nousevat selvästi. Yhteiskuntatalouden näkökulmasta vaikutukset voivat olla suotuisat ulkoisvaikutusten vähentymisen myötä ja täten taloudellisen hyvinvoinnin määrä voi kasvaa merkittävästi. Lisäksi tiemaksutuloilla voidaan rahoittaa liikennejärjestelmän kehittämistä kaupunkiseuduilla. Haja-asutusalueilla mahdollisuudet taloudellisen ja muun ohjauksen lisäämiseen sekä vaihtoehtoisten kulkumuotojen kehittämiseen ovat vähäisemmät. PALVELU-skenaarioiden toimilla ei saada merkittävästi vä-

³⁹ <https://www.lvm.fi/lvm-site62-mahti-portlet/download?did=263442>

⁴⁰ <https://www.2025ad.com/latest/truck-platooning-infographic/>

⁴¹ <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC111477/kjna29226enn.pdf>

⁴² <https://valtioneuvosto.fi/delegate/file/38827>

hennettyä liikennettä eikä siten päästöjen määrää haja-asutusalueilla. Haja-asutusalueilla tapahtuvien päästöjen vähentäminen edellyttäisi vähäpäästöisten autojen hankkimisen tukemista jollakin tavalla, millä olisi lyhyellä aikavälillä negatiivisia vaikutuksia julkiseen talouteen.

Valtiontalouden kannalta PALVELU-skenaario, kuten muutkin skenaariot, voidaan nähdä lyhyellä aikavälillä haastavana, sillä esimerkiksi joukkoliikenteen kehittäminen, automaation edistäminen tai HCT-kuljetusten yleistymisen mahdollistaminen luominen edellyttää valtiolta merkittävää panostusta. Panostukset voi nähdä investointeina tulevaisuuteen, joilla tuetaan kestävästä talouskasvun edellytyksiä. On esimerkiksi arvioitu, että pitkällä aikavälillä autokannan pienentyessä, yhdyskuntarakenteen tiivistyessä ja liikkumisen palvelujen yleistyessä kansantaloudessa voitaisiin saavuttaa useiden miljardien säästöt vuosittain. Lisäksi pääomia saattaisi vapautua jopa 100 miljardin edestä, kun siirrytään auton omistamisesta erilaisten liikkumispalvelujen käyttäjiksi. Pidemmällä aikavälillä palveluna järjestettyyn, automaattiseen liikenteeseen siirtyminen synnyttää monia uusia ammatteja, mikä vaatii osin työvoiman uudelleen kouluttamista ja osaamisen täydentämistä.⁴³ Osaamisesta, kuten liikkumisen palveluistakin, voidaan tehdä merkittävä vientituote, jolla luodaan talouskasvua ja hyvinvointia.

Panostaminen pyöräilyn edistämiseen olisi yhteiskuntataloudellisesti kannattavaa sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Pyöräilyyn tehtävien investointien hyöty-kustannussuhde on moninkertainen esimerkiksi tiehankkeisiin verrattuna erityisesti kaupunkiseuduilla.⁴⁴ Autoilun kustannusten on myös arvioitu olevan noin kuusinkertaiset pyöräilyyn verrattuna, kun ulkoisvaikutukset otetaan huomioon.⁴⁵ Pyöräilyllä on paljon laajoja yhteiskuntataloudellisesti merkittäviä positiivisia vaikutuksia, kuten kansanterveyden parantuminen sekä liikenneuhkia, päästöjä ja melua vähentävät vaikutukset. Lisäksi pyöräilyn mahdollisuuksien lisääminen parantaa autottomien väestöryhmien yhdenvertaisuutta liikkumisessa ja palvelujen saatavuudessa autoilijoihin verrattuna.

⁴³ Suomen sata uutta mahdollisuutta. 2018–2037. Yhteiskunnan toimintamallit uudistava radikaali teknologia. TUVJ 1/2018. https://www.eduskunta.fi/FI/tietoaeduskunnasta/julkaisut/Documents/tuvj_1+2018.pdf

⁴⁴ Pyöräilyn hyödyt ja kustannukset Helsingissä. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2014:5. https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2014-5.pdf

⁴⁵ http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/transport_transitions_in_copenhagen_418na1_en.pdf

Pyöräilijöiden määrän lisääntymisen kaupungissa on todettu lisäävän pyöräilyn turvallisuutta (safety in numbers -ilmiö). Samaten turvallisuutta lisää autoliikenteen vähentyminen ja esimerkiksi pyöräilyinfrastruktuurin parantaminen.⁴⁶ Pyöräilyn edistäminen parantaisi myös liikkumispalvelujen tarjontaa, sillä yhteiskäyttöisellä pyörällä tai sähköpyörällä voidaan taittaa osa palveluna tarjotusta matkasta.

⁴⁶ Terhi Luukkonen ja Kalle Vaismaa: Pyöräilyn lisääntymisen yhteys turvallisuuteen. Liikenneturvan selvityksiä 1/2013. https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tutkimukset/2013_safety_in_numbers.pdf

3 Päästöjen hyvittäminen

Täydentävänä keinona liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen poistamiseen voidaan tarkastella mahdollisuuksia hyvittää liikenteen päästöjä Suomessa, EU:n laajuisesti tai kansainvälisesti. Liikenteen päästöjen hyvittäminen on mahdollista vapaaehtoisten toimien avulla joko siten, että kuluttajille luodaan mahdollisuus vapaaehtoisesti hyvittää päästöjään tai liikennesektorin yritykset hyvittävät vapaaehtoisesti päästöjään esimerkiksi parantaakseen omaa ympäristömainettaan. Sen sijaan hyvittäminen liikenteen velvoitemarkkinalla edellyttäisi kansallisia erityispäätöksiä taakanjakosektorilla ja järjestelmän hyväksyntää EU:ssa, joka määrittää taakanjakosektorin päästövähennystavoitteen.

Mikäli EU päättäisi liittää tieliikenteen EU:n laajuiseen päästökauppaan, tämä voitaisiin tehdä keskitetysti tai hajautetusti. Keskitäminen tarkoittaisi, että kauppavelvollisuus kohdennettaisiin polttoaineen jalostajille tai jakelijoille. Hajautetussa ratkaisussa kaupan alaisina toimijoina olisivat esimerkiksi raskaan liikenteen kuljetusyritykset. Hajautetun ratkaisun toteuttaminen Euroopan laajuisesti olisi ongelmallista suuren kaupan liitettävän toimijoiden määrän takia. Keskitetty ratkaisu sen sijaan nähdään toteuttamiskelpoisena, mutta sen vaikutus liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämiseen arvioidaan verrattain pieneksi. Päästöoikeuden hinnan arvioidaan vaikuttavan samalla tavalla polttoaineen kysyntään kuin polttoaineverotuksen. Suomi joutuisi tällöin pohtimaan pitääkö yllä päällekkäistä ohjausta, eli omaa CO₂-pohjaista veroa päästöoikeuden hinnan lisäksi. Tällainen ratkaisu Suomessa on omaksuttu lämmön- tuotannossa, jossa päästöoikeuden hinnan ohella käytössä on kansallinen vero.⁴⁷

Tutkimustiedon valossa liikenteen sisällyttäminen päästökauppaan ei yksinään ole riittävä vähennystavoitteiden saavuttamiseen. Useat muut ilmastopoliittiset toimenpiteet vaikuttavat päästökauppaa tehokkaammilta vaikutuksiltaan ja joka tapauksessa liikenteen ohjaamiseen tarvitaan useiden toimien politiikkayhdistelmä.⁴⁸

Kotimaan liikenne kuuluu niin sanottuun taakanjakosektoriin (pois lukien lentoliikenne, joka kuuluu päästökauppaan). EU ei normaalisti salli päästökauppasektorin päästöoikeuksien siirtämistä taakanjakosektorin päästöyksiköiksi. Poikkeuksen tekee EU:n taakanjakosektorin vuosille 2021–2030 ajoittuvalla velvoitekaudella ns. one off -jousto, jolla tarkoitetaan joillekin jäsenmaille säädettyä mahdollisuutta siirtää tietty

⁴⁷ Ks. energiaverotuksesta enemmän esim. <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-haku-sivu/56206/energiaverotu/>

⁴⁸ Jim Antturi, Samuli Puroila and Markku Ollikainen (2015). Including heavy duty road transport CO₂ emissions in the European Union Emissions Trading Scheme. An assessment of feasibility, costs and emissions for Finland. Trafín julkaisuja 16-2015.

osa päästökauppasektorin päästöoikeuksista taakanjakosektorille, jotka siten vähentävät vastaavalla määrällä päästöjen vähennysveloitetta taakanjakosektorilla. Suomen one-off-jouston määrä on enintään 2 % vuoden 2005 päästöistä. Myös LULUCF-sektorin merkittävää nielun ylijäämää on mahdollista käyttää joustona taakanjakosektorilla, mutta tämä mahdollisuus sisältää toistaiseksi paljon epävarmuuksia.

Päästöjen kompensointia voidaan tarkastella EU:n tasoisen kaupan lisäksi kansallisenä vapaaehtoisena järjestelmänä, jossa kuluttajille luodaan mahdollisuus kompensoida omia, liikennevalinnoista koituvia päästöjään. Tällaisen kompensatiojärjestelmän tulisi luoda kuluttajille liikennevalintaa tehtäessä mahdollisuus kompensoida tehdystä valinnasta syntyvät päästöt. Hyvänä esimerkkinä käy polttoaineiden tankkaus. Vapaaehtoinen kompensatio tarkoittaisi mahdollisuutta valita tankkaus, jossa polttoaineen hintaan on luettu tankkaukseen liittyvä päästöjen kompensointi, jonka polttoaineen jakelija on hankkinut toisaalta.⁴⁹

Mikäli julkisen vallan edistämänä luodaan toimivat puitteet hiilihyvitysten tuottamiseen vapaaehtoisia kompensatioita varten, kompensointi voisi periaatteessa liittyä liikennevalintoihin aina ajoneuvojen hankinnasta julkiseen liikenteeseen saakka. Yritysten päästöjen vapaaehtoinen kompensointi on jo nyt levinnyt suhteellisen laajasti moniin Euroopan maihin. Liikenteen osalta se tulisi laajentaa kuluttajien valintoihin. Kansainvälisiä esimerkkejä hiilihyvitysten tuottamisesta on riittävästi, jotta Suomeenkin voitaisiin luoda vastaavat toimivat käytännöt. On kuitenkin muistettava, että vapaaehtoinen kompensatio ei ratkaise velvoitemarkkinalle asetettavia vaatimuksia.

⁴⁹ Ks. vapaaehtoisista kansalaisten kompensatiomalleista esim. Lahden Civitas-hankkeessa toteutettu malli tai Suomen luonnonsuojeluliiton Hiilipörssi -hanke. <https://www.lahti.fi/palvelut/luonto-ja-ymparisto/citicap>; <https://hiiliporssi.fi/>

4 Yhteenvedo

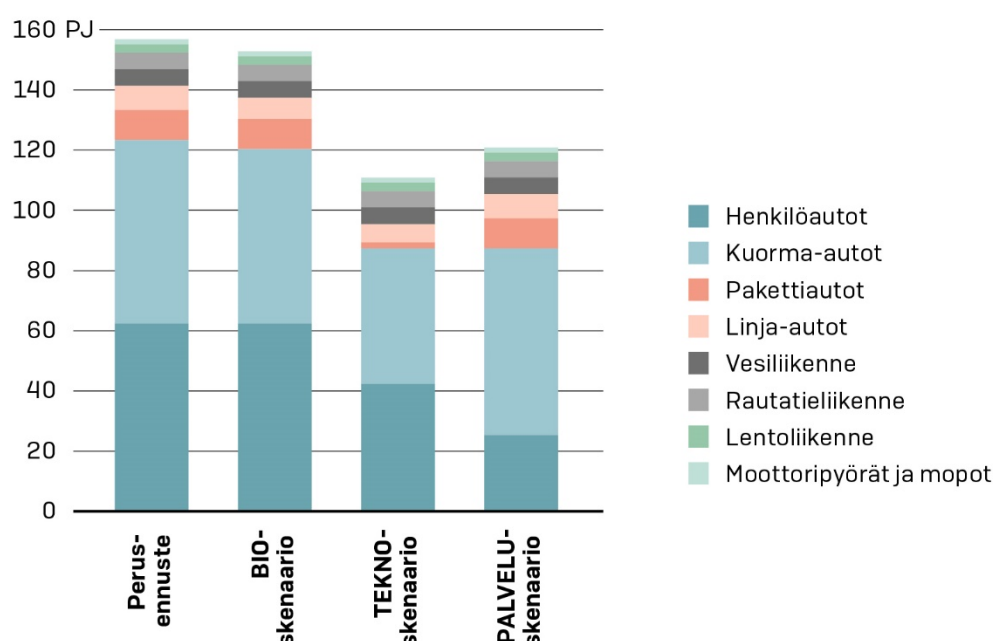
4.1 Muutospolkujen rajoitteet ja mahdollisuudet

Tässä väliraportissa on tuotu esille erilaisten liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen poistamiseen tähtäävien keinojen mahdollisuuksia ja rajoitteita. Tarkastelu osoittaa, että päästöjen poistamiseen kotimaisessa liikenteessä ei ole olemassa yhtä yksinkertaista ja helppoa tietä. BIO-Suomen skenaariossa on käyty läpi biopolttoaineiden mahdollisuuksia. Ongelmaksi tässä muodostuu kestäväällä tavalla tuotettujen biopolttoaineiden saatavuus ja hinta sekä vaikutukset hiilinieluihin. Liikennesektorilla tarvetta biopolttoaineisiin siirtymiseen on tieliikenteen lisäksi lentoliikenteessä ja vesiliikenteessä, mikä kasvattaa kysyntää. TEKNO-Suomen skenaariossa tarkastellaan mahdollisuuksia poistaa liikenteen päästöt siirtymällä liikennevälineissä laskennallisesti päästöttömiin teknologioihin, kuten sähköautoihin. Koko autokannan ja muiden liikennevälineiden uusiminen tarpeeksi nopeasti on kuitenkin erittäin haastavaa, sillä esimerkiksi henkilöautot romutetaan Suomessa keskimäärin vasta 20 vuotiaina. Tilanne on samankaltainen tai vielä haastavampi vesi- ja lentoliikenteessä. PALVELU-Suomen skenaariossa ratkaisua on haettu vähentämällä päästöjä tuottavan liikenteen määrää ja tehostamalla muulla tavoin liikennejärjestelmän energiatehokkuutta. Tämä ei kuitenkaan poista liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä kokonaan elleivät kaikki siirry kävelemään, pyöräilemään tai käyttämään sähköistä raideliikennettä.

Skenaarioissa on tarkasteltu, millä tasolla kotimaan liikenteen kokonaisenergiankulutus olisi vuonna 2045, mikäli skenaario toteutuisi. Kokonaisenergiankulutus on liikenteen päästövähennystavoitteiden saavuttamisen kannalta aivan keskeisessä asemassa, koska hiilettömään liikenteeseen pääsy vaatisi liikenteen *koko* energiatarpeen kattamista uusiutuvalla energialla. Mikäli liikenteen uusiutuva energia tuotetaan biomassasta ja otetaan käyttöön polttomoottoriautossa polttamalla, kriittiseksi kysymykseksi nousee käytettävissä olevan biomassan määrä. Tilanne muuttuu ratkaisevasti, jos polttomoottoriautojen sijaan tai rinnalle saadaan teknologiaa, joka voi hyödyntää uusiutuvaa energiaa myös muussa muodossa kuin poltettavassa (esim. sähköautot voivat hyödyntää periaatteessa rajatonta aurinko- tai tuulivoimaa jne.).

ILMO-skenaarioissa suurin energiankulutus olisi BIO-skenaariossa ja pienin TEKNO-skenaariossa. BIO-skenaariossa energiankulutus on niin korkealla tasolla vuonna 2045, että sitä olisi erittäin vaikeaa kattaa kotimaisista raaka-aineista valmistetuilla biopolttoaineilla. TEKNO- ja PALVELU-skenaarioissa tilanne on parempi, joskin myös näissä kotimaisten raaka-aineiden riittävyys saattaa aiheuttaa haasteita. On myös

huomattava, että kaikissa skenaarioissa osa päästövähennyksistä on tehty biopoltto-
aineisiin nojautuen, sillä autokannan hitaan uusiutumisen vuoksi Suomen autokan-
nassa on jopa kaikkein nopeimmin uusiutuvassa skenaariossa, eli TEKNO-skena-
ariossa, edelleen runsaasti myös polttomoottorilla toimivia (raskaan liikenteen) autoja
käytössä vuonna 2045. Jatkotyössä on huolellisesti arvioitava näiden autojen määrä
ja kokonaisenergiantarve ja peilattava sitä saatavilla olevan (kotimaisen tai muun) uu-
siutuvan energian määrään. Samassa yhteydessä on arvioitava myös kansainvälisen
liikenteen uusiutuvan energiantarve.



Kotimaan liikenteen kokonaisenergiankulutus eri skenaarioissa vuonna 2045.

Huom! Kokonaisenergiankulutus liikennesektorilla sisältää myös sähkökäyttöisen tie- ja raideliikenteen sekä kotimaan lentoliikenteen, jotka kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa luetaan kuuluvaksi päästö-
kaupparektorille.

Muutospolut on kuvattu toisistaan erillisinä, mutta niillä on monia yhtymäkohtia. Kai-
killa muutospoluilla on sama tavoite: liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen poistami-
nen vuoteen 2045 mennessä. Tavoitteen saavuttaminen edellyttää kaikissa muutos-
poluissa poliittista tahtotilaa toimenpiteiden toteuttamiseksi ja vahvaa vaikuttamista
liikkumis- ja kuljettamisvalintoihin. On mahdollista sekä päästä asetettuihin päästövä-
hennystavoitteisiin että parantaa hyvinvointia ja kansallista kilpailukykyä. Tämä voi-
daan saavuttaa valitsemalla kustakin skenaariosta edelleen kehitettäväksi toimenpi-
teet, jotka täydentävät vaikutuksiltaan toisiaan ja joilla päästään parhaiten ihmisten ar-
kea helpottaviin, kestäviin liikkumis- ja kuljetusratkaisuihin ja kasvatetaan liiketoimin-
taa.

Taulukko. Kooste skenaarioiden vaikutuksista.

	BIO-skenaario	TEKNO-skenaario	PALVELU-skenaario
Vaihtoehtojen kuvaus	Päästöjä vähennetään luopumalla fossiilisista polttoaineista ja ottamalla käyttöön biopolttoaineita tai muita uusiutuvia käyttövoimia	Autokanta uusiutuu, liikenne on sähköistynyt ja liikennevälineiden energiankulutus on merkittävästi pienempi kuin nykyisin.	Vähennetään päästöjä tuottavan liikenteen suoritetta (kilometrejä) ja parannetaan liikennejärjestelmän energiatehokkuutta.
Toimenpiteet	kansallista nestemäisten biopolttoaineiden jakeluvelvoitetta korotetaan portaittain, etanolin rinnalle kehitetään myös muita fossiilisen bensiinin korvaavia vaihtoehtoja. Liikenteen polttoaineiden energiasisältöveroa lasketaan ja hiilidioksidiveroa korotetaan.	EU:n alueella myytävien uusien autojen hiilidioksidiraja-arvoja tiukennetaan. Sähköllä, vedyllä ja kaasulla kulkevien autojen autoveroa alennetaan ja fossiilisten bensiini- ja dieselkäyttöisten autojen autoveroa korotetaan. Bensiini- ja dieselautojen polttoaineveroa korotetaan ja poistetaan sähkö-, vety- ja kaasautojen käyttövoimaverot.	Kestävän liikkumisen palveluiden kehittäminen, taloudelliset kannustimet ja sanktiot, tienkäyttömaksut Asenteisiin vaikuttaminen
Yhteiskuntataloudelliset vaikutukset	Biopolttoaineiden tuotannon huomattava lisääminen vaatii suuria investointeja ja valtiontukien lisäämistä. Biopolttoaineiden kuluttajahinta on korkeampi kuin fossiilisten polttoaineiden. Tämä aiheuttaa teollisuudelle liikennöinti- ja kuljetuskustannusten nousua, josta voi aiheutua haittaa Suomen kilpailukyvyille	Valtion kustannukset kasvavat, jos tarvitaan tukitoimia autokannan uusiutumisen nopeuttamiseen. Polttoaineen kulutuksen vähentyminen vähentää verotuloja. Liikenneinfran hoito- ja ylläpitokustannukset kasvavat.	Taloudelliset vaikutukset riippuvat siitä, kuinka voimakkaita taloudelliset kannustimet ja sanktiot ovat. Joukkoliikenteen kehittäminen edellyttää valtiolta selkeää panostusta. Autoilun väheneminen vähentää polttoaineverotuloja, mutta toisaalta käyttönotetut tiemaksut paikkaavat tätä tulonmenetystä. Pyöräilyn kehittäminen on kustannustehokasta.
Autokanta	Autokanta uusiutuu hitaasti ja valtaosa autoista on bensiini- ja dieselautoja. Vuonna 2030 liikenteessä on 120 000 sähköhenkilöautoa ja 13 000 kaasuhenkilöautoa.	Uusia autoja myydään ja vanhoja autoja romutetaan huomattavasti enemmän kuin nykyisin. Vuonna 2030 liikenteessä on 905 000 sähköhenkilöautoa ja 143 000 kaasuhenkilöautoa. Vuonna 2045 tavanomaiset bensiini- ja dieselautot ovat lähes täysin kadonneet liikenteestä.	Yhteiskäyttöautojen myötä autokannan kasvu kääntyy laskuun. Autokanta uusiutuu kuitenkin tässä skenaariossa vain hitaasti, vaikka tilanne todellisuudessa voisi olla toinen. Vuonna 2030 liikenteessä on 120 000 sähköhenkilöautoa ja 13 000 kaasuhenkilöautoa.

	BIO-skenaario	TEKNO-skenaario	PALVELU-skenaario
Yhdyskuntarakenne	Yhdyskuntarakenne on hyvin samankaltainen kuin nykyisin	Yhdyskuntarakenne on hyvin samankaltainen kuin nykyisin.	Kaupunkirakenteet tiivistyvät.
Liikennesuorite	Henkilöautojen liikennesuorite kasvaa noin 16 % vuoteen 2045 mennessä. Paketti- ja linja-autoilla vastaava kasvu on noin 11 %, kuorma-autoilla noin 17 %.	Henkilöautojen liikennesuorite kasvaa noin 16 % vuoteen 2045 mennessä. Paketti- ja linja-autoilla vastaava kasvu on noin 11 %, kuorma-autoilla noin 17 %.	Henkilöautojen liikennesuorite pienenee 50 % vuoteen 2045 mennessä.
Saavutettavuus	Ihmiset liikkuvat paikasta toiseen pääosin omilla henkilöautoillaan.	Ihmiset liikkuvat paikasta toiseen pääosin omilla henkilöautoillaan.	Kaupunkien sisäinen ja ulkoinen saavutettavuus paranee kaikilla kulkutavoilla.
Liikkumisen tasa-arvo	Nykyisen kaltainen, mutta biopolttoaineiden kohoavat hinnat saattavat rajoittaa vähävaraisten liikkumista.	Autoilun kallistuminen voi jättää vähävaraisia autottomiksi, eikä korvaavia kulkutapoja välttämättä kehitetä riittävästi.	Parantaa autottomien väestöryhmien asemaa suhteessa autonomistajiin erityisesti kaupunkiseuduilla.
Liikenneturvallisuus	Kasvava liikennesuorite ja vanhenevat liikennevälineet heikentävät liikenneturvallisuutta	Uudempi autokanta parantaa liikenneturvallisuutta. Toisaalta autojen lukumäärän ja niillä ajettujen kilometrien määrä kasvaa, joka taas heikentää liikenneturvallisuutta.	Tieliikenteen suoritteiden väheneminen ja pyöräilyn lisääntyminen parantavat liikenneturvallisuutta.
Aluekehitys	Kaupunkiseudut ruuhkautuvat ja kärsivät tilaongelmista. Maaseudulla ei eroa nykytilanteeseen.	Kaupunkiseudut ruuhkautuvat. Jakeluverkko keskittyy ainakin aluksi suuremmille kaupunkiseuduille ja niiden välisille reiteille. Syrjäisemmille seuduille saattaa jäädä katvealueita, mikä voi hankaloittaa alueen ihmisten ja yritysten toimintaa.	Kaupunkiseudut kehittyvät vahvasti, tiiviimpi yhdyskuntarakenne synnyttää kaupungistumiseen liitettyjä kasautumisetuja ja kasvattaa tuottavuutta. Maaseudulla kestävän liikkumisen palveluiden kehittyminen on epävarmaa.
Ilmastotavoitteiden saavuttaminen	Tavoitteet mahdollisesti saavutetaan, mutta skenaario pitää sisällään merkittäviä riskejä (mm. bensiiniä korvaavan polttoaineen kehitys ja saatavuus).	Tavoitteet voidaan saavuttaa.	Tavoitteista noin puolet voidaan saavuttaa liikennesuoritetta vähentämällä. Vaatii täydentäviä keinoja, kuten biopolttoaineiden täysimääräisen käyttöönoton.

4.2 Jatkotoimenpiteet

Yhteiskunnan kannalta tasapainoisin ratkaisu hiilettömään liikenteeseen löytyy yhdistelemällä erilaisia keinoja. Työryhmän seuraavana tehtävänä on arvioida, miten ja milloisessa aikataulussa erilaisia keinoja ja toimenpiteitä yhdistelemällä voidaan saavuttaa tavoite liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen poistamisesta vuoteen 2045 mennessä. Tavoitteena on tunnistaa erityisesti toimet, joilla saavutetaan suurin vaikutavuus sekä päästöjen vähentämisen että muiden yhteiskuntatavoitteiden kannalta ja jotka voitaisiin toteuttaa seuraavan kymmenen vuoden aikana. Työryhmä kerää laajasti näkemyksiä väliraportin pohjalta muun muassa sähköisellä kyselyllä ja viestii avoimesti työn etenemisestä. Tavoitteena on jatkuva vuoropuhelu sidosryhmien ja kansalaisten kanssa, mitä edistääkseen työryhmä järjestää keskustelutilaisuuksia ja on aktiivinen sosiaalisessa mediassa. Joulukuussa 2018 työryhmä julkaisee loppuraportin, jossa esitellään ehdotus toteuttamiskelpoisesta toimenpideohjelmasta liikenteen päästöjen poistamiseksi vuoteen 2045 mennessä.

Liitteet

Liikenteen ilmastopolitiikka

Vuonna 2015 solmitussa Pariisin ilmastopöytäkirjassa asetettiin tavoitteeksi rajoittaa globaalin keskilämpötilan nousu selvästi alle kahden asteen ja pyrkiä toimiin, joilla lämpeneminen rajoitettaisiin alle 1,5 asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna. Sopimus perustuu niin sanottuun alhaalta ylös -menetelmään, jossa jokainen maa ilmoittaa itsenäisesti päästövähennystavoitteena sen sijaan, että sopimus määrittäisi päästövähennystason eri maille. Sopimus kuitenkin sisältää globaalin tavoitteen siitä, että ihmisperäisten päästöjen ja nielujen tulisi olla tasapainossa tämän vuosisadan loppupuolella. Tämänhetkiset ilmoitetut tavoitteet eivät tutkimusten mukaan ole riittäviä edes kahden asteen tavoitteen saavuttamiseksi.⁵⁰ Kunnianhimon tasoa on siis lisättävä, jos Pariisin sopimuksen tavoitteet halutaan saavuttaa. Lisähaasteita Pariisin sopimukselle tuo, että Yhdysvaltain presidentti on ilmoittanut maan irtautuvan sopimuksesta.

Liikenteen päästöjen käsittely Pariisin sopimuksessa on erilaista eri liikennemuodoille. Kansainvälisen lento- ja laivaliikenteen päästöt eivät sisälly Pariisin sopimukseen, joten vastuu niiden vähentämistavoitteista on annettu kyseisten alojen kansainvälisille järjestöille. Laivaliikenteen päästövähennyksistä sovitaan kansainvälisessä merenkulkuorganisaatiossa IMO:ssa (International Maritime Organization) sekä vastaavasti lentoliikenteen päästöistä kansainvälisessä siviili-ilmailujärjestössä ICAO:ssa (International Civil Aviation Organization). Muun liikenteen päästöt ovat Pariisin sopimuksen piirissä, mutta sopimus ei itsessään säätele sektorikohtaisia päästöjä. Kansalliset päästövähennyssuunnitelmat sen sijaan sisältävät vaihtelevasti myös sektorikohtaisia tavoitteita ja keinoja.⁵¹

Pohjoismaissa on sitouduttu kansainvälisesti tarkastellen melko korkeisiin päästövähennystavoitteisiin. Ruotsin hallitus on ilmastostrategiassaan sitoutunut vähentämään kotimaanliikenteen (pois lukien ilmailu) päästöjä 70 % vuoteen 2030 mennessä vuo-

⁵⁰ Rogelj, J. et al. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature* 534, 631 (2016).

⁵¹ Transport CO2 and the Paris Climate Agreement – Reviewing the Impact of Nationally Determined Contributions, OECD, <https://www.itf-oecd.org/transport-co2-paris-climate-agreement-ndcs>, 2018.

desta 2010. Kokonaisuutena Ruotsin hallitus on sitoutunut hiilineutraaliuden saavuttamiseen vuoteen 2045 mennessä.⁵² Ruotsin energiaviranomainen on laatinut suunnitelman liikennesektorin siirtymisestä pois fossiilisten energianlähteiden käyttämisestä.⁵³ Norjan hallitus on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä kokonaisuutena 40 % vuoteen 2030 mennessä vuodesta 1990. Vuoden 2050 tavoitteena on vähäpäästöinen yhteiskunta.⁵⁴ Tanskan hallitus on energiastrategiassaan sitoutunut EU:n päästötavoitteiden noudattamiseen eli vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 80–95 % vuoteen 2050 mennessä vuodesta 1990. Tavoitteena on riippumattomuus hiilestä, öljystä ja kaasusta vuoteen 2050 mennessä.⁵⁵

Mualla Euroopassakin on kunnianhimoisia päästötavoitteita. Esimerkiksi Iso-Britanniassa on säädetty vuonna 2008 ilmastolaki, jossa on sitouduttu vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 80 % vuoteen 2050 mennessä vuodesta 1990⁵⁶. Liikennesektorille on laadittu nollapäästöstrategia⁵⁷. Saksan hallitus taas on ilmastosuunnitelmassaan sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä vuosina 1990–2050 80–95 % ja vahvistaa Pariisin sopimuksen mukaisesti tavoittelevansa hiilineutraaliutta vuonna 2050. Vuodelle 2030 tavoite on 55 % vähennys. Liikennesektorille vuoden 2030 tavoite on -40–42 % ja vuodelle 2050 pitkälle menevä kasvihuonekaasuneutraalius.⁵⁸ Liikennesektorin tavoitteiden saavuttamiseksi on laadittu erillinen suunnitelma.⁵⁹ Alankomaissa hyväksyttäneen pian laki, jossa maa sitoutuu vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 49 % vuoteen 2030 mennessä ja 95 % vuoteen 2050 mennessä.⁶⁰

⁵² Regeringens proposition 2016/17:146. https://www.miljomal.se/Global/24_las_mer/rapporter/regering/propositioner-mm/prop-2016-17-146.pdf

⁵³ Strategisk plan för omställning av transportsektorn till fossilfrihet, Energimyndigheten ER 2017:07

⁵⁴ Prop. 77 L (2016–2017) Lov om klimamål (klimaloven) <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-77-l-20162017/id2546463/sec1>

⁵⁵ Energy strategy 2050, summary. http://dfcgreenfellows.net/Documents/EnergyStrategy2050_Summary.pdf

⁵⁶ Clean growth strategy (2018). https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/700496/clean-growth-strategy-correction-april-2018.pdf

⁵⁷ The Road to Zero (2018). https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/724391/road-to-zero.pdf

⁵⁸ Klimaschutzplan 2050. http://m.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf

⁵⁹ Klimaschutz im Verkehr: Neuer Handlungsbedarf nach dem Pariser Klimaschutzabkommen. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutz-im-verkehr-neuer-handlungsbedarf-nach>

⁶⁰ Agreement reached on Netherlands climate law. NL Times 28.6.2018. <https://nltimes.nl/2018/06/28/agreement-reached-netherlands-climate-law>

Eurooppa-neuvosto päätti lokakuussa 2014 EU:n vuoteen 2030 ulottuvista ilmasto- ja energiapolitiikan linjauksista. Eurooppa-neuvoston päätöksen mukaan EU:n kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään vähintään 40 prosenttia (vuoden 1990 tasoon verrattuna) vuoteen 2030 mennessä. Tavoite jakautuu päästökauppa- ja ns. taakanjakosektorille niin, että päästökauppa- ja ns. taakanjakosektori (koko EU:n alueella) vähentää yhteensä 43 prosenttia ja taakanjakosektorit (eri maissa eri osuuksin) yhteensä 30 prosenttia. Myös maankäyttösektori (LULUCF) kuuluu EU:n yleisen ilmastopolitiikan piiriin.

Taakanjakosektorin päästövähennysvelvoitteet eri EU-maissa on viety EU-lainsäädäntöön ns. taakanjakopäätöksen⁶¹ kautta. Päätöksen mukaan Suomen tulee vuoteen 2030 mennessä vähentää kasvihuonekaasupäästöjään taakanjakosektorilla 39 prosenttia verrattuna vuoden 2005 tasoon. EU:n asettama velvoite muodostuu käytännössä lineaarisesta päästövähennyspolusta jaksolla 2021–2030. Päästövähennystarve kasvaa jakson loppua kohden.

Suomen kansallinen energia- ja ilmastostrategia valmistui vuonna 2016 ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma vuonna 2017. Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa linjataan konkreettisia toimia ja tavoitteita, joilla Suomi saavuttaa hallitusohjelmassa ja EU:ssa sovitut energia- ja ilmastotavoitteet vuoteen 2030 mennessä ja etenee johdonmukaisesti kohti kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä 80–95 prosentilla vuoteen 2050 mennessä.⁶² Strategia koskee sekä päästökauppa- ja ns. taakanjakosektoria eli päästökaupan ulkopuolisia sektoreita. Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma koskee vain taakanjakosektoria. Taakanjakosektorille kuuluvat liikenteen, maatalouden, rakennusten erillislämmityksen, jätehuollon sekä F-kaasujen päästöt.⁶³ Molemmissa strategioissa tavoitteeksi on asetettu, että liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään enemmän kuin muilla sektoreilla, vuoteen 2030 mennessä jopa 50 prosenttia verrattuna vuoden 2005 tasoon.

⁶¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 406/2009/EY, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=legisum:mi0046>

⁶² http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul_4_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y

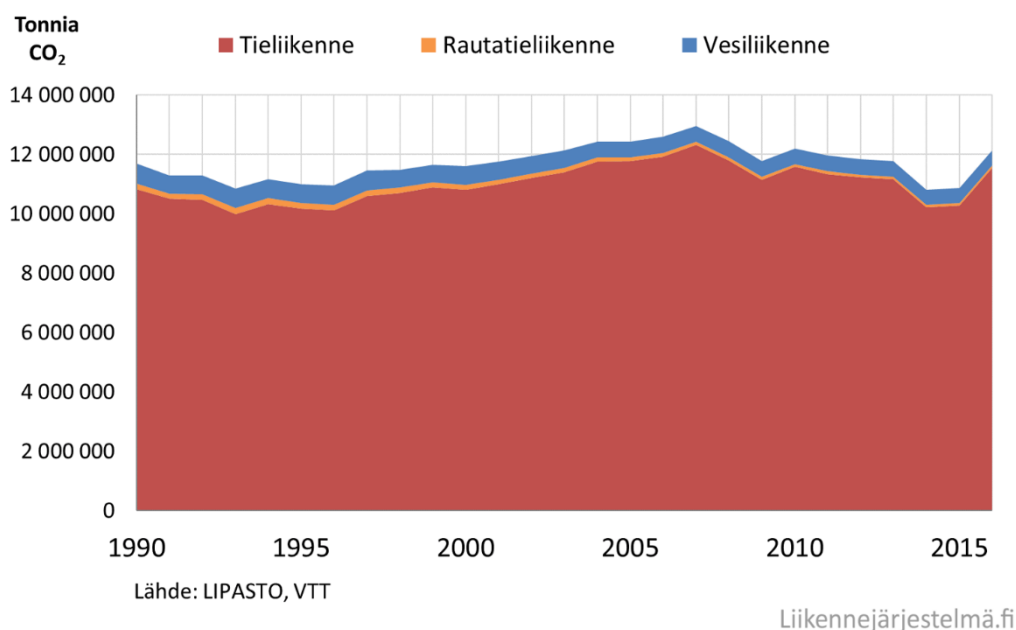
⁶³ http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80703/YMra_21_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt Suomessa ja niiden ennakoitu kehitys

Perusennuste

Tieliikenteen ennakoitu päästökehitys vuoteen 2050, jota on käytetty perusennusteena mm. kansallisessa keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmassa, on laskettu VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmän uusitulla LIISA-mallilla. Mallin lähtötietoja ovat mm. liikennesuoritteiden toteutunut kehitys, autokannan muutokset sekä polttoaineiden toteutunut kulutus ja biopolttoaineiden osuus Suomessa. Tiedot perustuvat Liikenneviraston, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafin ja Öljy- ja biopolttoaineala ry:n keräämiin tilastotietoihin.

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt (LIPASTO-laskentajärjestelmän mukaan)



Mallin ennusteet pohjautuvat LVM:n, Liikenneviraston ja VTT:n ennusteisiin liikennesuoritteiden, autokannan ja ajoneuvojen energiatehokkuuden kehittymisestä Suomessa. Kehitykseen vaikuttavat muun muassa teknologinen kehitys, lainsäädännöllinen ja taloudellinen ohjaus sekä taloudellisen tilanteen kehittyminen kaiken kaikkiaan. Kuten kaikki ennusteet, myös liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennuste pitää sisällään monenlaisia epävarmuustekijöitä. Perusennusteen epävarmuutta pienennetään päivittämällä sitä säännöllisesti, vähintään kerran hallituskaudessa.

ILMO-perusennusteeseen on laskettu mukaan toimenpiteet, jotka olivat voimassa perusennustetta tehdessä eli kesäkuussa 2016. Näin ollen esimerkiksi energia- ja ilmastostrategian linjaus biopolttoaineiden osuuden nostamisesta 30 prosenttiin vuonna 2030 tai uusien autojen CO₂-raja-arvot vuodelle 2030 eivät vielä ole mukana tässä perusennusteessa, koska niitä koskeva lainsäädäntö ei vielä ole voimassa.

Liikennevirasto julkaisi vuonna 2014 uuden valtakunnallisen ennusteen tieliikenteen suoritteiden kehittämisestä vuoteen 2050 asti. Sen mukaan henkilöautojen liikennesuorite kasvaa 26 % vuodesta 2012 vuoteen 2030 mennessä ja 36 % vuoteen 2050. Paketti- ja linja-autoilla vastaava kasvu on 6 % ja 11 %, kuorma-autoilla 6 % ja 17 %. Liikenneviraston suorite-ennustetta korjattiin VTT:n ja liikenne- ja viestintäministeriön toimesta vuonna 2015 henkilöautojen osalta, koska henkilöautojen myynti ja suoritteet 2012–2015 eivät olleet kehittyneet ennusteen mukaisella tavalla. Uudistetun suorite-ennusteen mukaan henkilöautojen liikennesuorite kasvaisi vain 12 % vuodesta 2012 vuoteen 2030 ja 16 % vuoteen 2050. Muiden ajoneuvojen osalta liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteessa käytetään Liikenneviraston suorite-ennustetta.

Uusitun ALIISA-mallin automyyntiennuste pohjautuu VTT:n uusittuun suorite-ennusteeseen ja Suomen autokannan EU-sovitettuun kehitysennusteeseen, missä kullekin ajoneuvotyyppille ja tekniikalle on arvioitu autokohtainen suoritteiden kehitys. Uusien autojen myynti on sovitettu siten, että kunkin vuoden autokanta toteuttaa suorite-ennusteen. Jokaisella autolla arvioidaan siis ajettavan tietty keskimääräinen määrä kilometrejä. Ennusteessa on mukana myös käytettynä maahantuotujen autojen määrä (arvioitu 23 000 henkilöautoa/vuosi), jotka tulevat autokantaan uusmyynnin ulkopuolelta vuosimallinsa mukaisesti.

Baseline-ennusteen mukaan uusien henkilöautojen myynti on vuosina 2016–2020 keskimäärin 4,7 % autokannasta / vuosi, vuosina 2021–2030 keskimäärin 5,1 % autokannasta /vuosi ja vuosina 2031–2050 keskimäärin 5,3 % autokannasta /vuosi. Taulukossa 2 on nykyhetken ja ennustevuosien henkilöautojen uusmyynti. Tämän lisäksi autokantaan tulee käytettynä maahantuotuja autoja. Liikennekäytössä olevien henkilöautojen kanta nykyhetkellä ja ennusteissa on esitetty taulukossa 3.

Pakettiautojen vuosittaisen uusmyynnin arvioidaan olevan vuosina 2016–2020 4,6 % pakettiauto-kannasta, vuosina 2021–2030 5,1 % ja vuosina 2031–2050 4,8 %. Linja-autojen myynnin arvioidaan olevan koko ennustejakson ajan noin 3,6 % linja-autokannasta ja kuorma-autojen noin 3,9 % kuorma-autokannasta.

Taulukko. Vuotuinen henkilöautojen uusmyynti (ALIISA-malli). Uusmyynti [kpl]

Henkilöautot	2015	2020	2030	2050
Bensiini	68 103	83 300	89 300	93 600
FFV (korkeaseos etanoli)	26	110	300	360
Diesel	39 796	46 400	45 040	36 000
Kaasu	109	540	1 500	1 800
Sähkö	778	4 630	13 800	46 800
Vety	0	20	60	1 440
Yhteensä	108 812	135 000	150 000	180 000

Taulukko. Vuotuinen henkilöautokanta (LIISA-malli). Henkilöautokanta [kpl]

Henkilöautot	2015	2020	2030	2050
Bensiini	1 932 253	1 909 600	1 814 500	1 840 400
FFV (korkeaseos etanoli)	8 396	8 270	6 800	6 600
Diesel	678 739	856 000	1 005 000	855 000
Kaasu	1 921	3 660	13 100	30 000
Sähkö	1 608	18 400	120 050	593 000
Vety	0	70	550	15 000
Yhteensä	2 622 917	2 796 000	2 960 000	3 340 000

Liikennesektori on hyvin öljyriippuvainen ja vastaa 57 prosentista maailman kokonais-öljynkulutuksesta. Globaalilla tasolla liikenteessä käytetystä polttoaineesta biopolttoaineita on tällä hetkellä vain noin 3 prosenttia.⁶⁴ Suomessa vastaava osuus oli 2016 noin 4 prosenttia ja 2014 ja 2015 ollut noin 12 prosenttia.^{65 66}

Polttoainetoimittajille on Suomessa asetettu vuoteen 2020 asti ulottuva biosekoitevelvoite, joka on 20 % kaikesta liikenteeseen myydyistä polttoaineista mainittuna vuonna. Polttoainetyypeille ei ole asetettu erikseen määriä, vaan polttoainetoimittaja voi itse päättää mihin polttoaineisiin se bio-osuudet sekoittaa. Velvoitteeseen hyväksytään myös työkonepolttoaineisiin (polttoöljy) sekoitettu bio-osuus. Velvoite pitää sisällään ns. tuplalaskentamahdollisuuden, mikä tarkoittaa sitä, että esim. jätteistä tai ruuaksi kelpaamattomasta biomassasta (esim. puu) valmistettu biopolttoaine voidaan laskea velvoitteeseen mukaan kaksinkertaisena. Esimerkiksi jos kaikki bio-osuus tehtäisiin jätteestä, riittäisi 6 %:n velvoitteen täyttymiseen 3 %:n todellinen osuus. Koska Suomen 20 % sisältää myös tuplalaskennan, on todellinen, päästöjä vähentävä osuus huomattavasti alhaisempi. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteissa

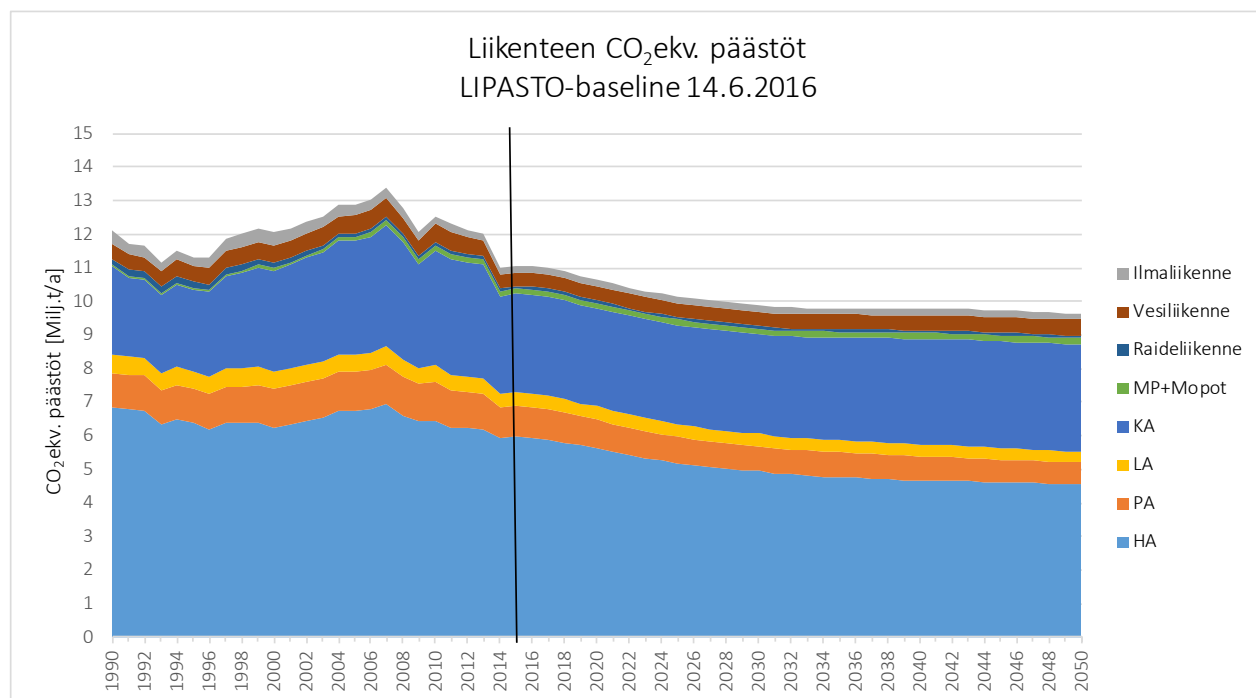
⁶⁴ IEA World Energy Outlook 2016

⁶⁵ Tilastokeskus, Energian hankinta- ja kulutustilasto (biokaasu, etanoli ja uusiutuva diesel)

⁶⁶ Biopolttoaineiden osuus vuonna 2016 oli huomattavasti pienempi kuin vuosina 2014 ja 2015, sillä biopolttoaineita myytiin tuolloin ulkomaille enemmän kuin edellisinä vuosina.

todellisen, päästöjä alentavan vaikutusmäärän arvioidaan vuonna 2020 olevan 13,5 %. Tämän luvun perusteena on ILUC-direktiivin määräämän ensimmäisen sukupolven biopolttoaineen maksimimäärä 7 % ja tuplalaskettavia 6,5 %, yhteensä siis $7 + 6,5 = 13,5$ %. Laskennallinen osuus on $7 + 2 \times 6,5 = 20$ %. Koska velvoite on olemassa vain vuoteen 2020 saakka, jatkuu baseliinassa 13,5 % bio-osuus ennustejakson loppuun saakka.

Biopolttoaineiden ja sähkönkäytön laskentasäännön mukaan niiden käytönaikaiset hiidioksidipäästöt liikenteessä ovat nolla. Biopolttoaineiden ja sähkön käyttö vaikuttaa siten liikenteessä täysimääräisesti CO₂-päästöjä alentavasti.



Liikkuminen ja kuljettaminen Suomessa

Henkilöliikenteen kotimaan matkat taitetaan edelleen pääosin henkilöautolla Suomessa. Tieliikenteen osuus on hallitseva myös tavaraliikenteessä. Keskimäärin suomalainen teki vuonna 2016 noin 2,7 matkaa vuorokaudessa. Henkeä kohden laskettu kotimaan matkasuorite (41 km/hlö/vrk) on pysynyt viime vuosina samalla tasolla. Kulutapojen käyttö on 2010-luvulla muuttunut siten, että henkilöautomatkat ovat aiempaa pidempiä ja joukkoliikennematkat entistä lyhyempiä. Joukkoliikenteen matkaluku ei ole muuttunut, mutta matkasuorite on pudonnut. Henkeä kohti lasketut jalankulun ja pyöräilyn matkasuoritteet ovat säilyneet jokseenkin ennallaan 2010-luvulla. Kokonaan liikkumattomien osuus on myös noussut. Noin neljäsosa suomalaisten kotimaanmatkoista liittyy työhön tai koulutukseen, yli kolmasosa vapaa-aikaan, vajaa kolmasosa

ostoksiin ja asiointiin ja kymmenesosa kyyditsemiseen tai saattamiseen. Liikkumisen alueelliset vaihtelut johtuvat ennen muuta liikennejärjestelmän ja maankäytön eroista ja selvästi vähäisemmässä määrin väestörakenteellisista eroista.⁶⁷

Haitallisten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi liikenteessä on tavoitteena siirtyä käyttämään yhä enemmän vaihtoehtoisia käyttövoimia. Vaihtoehtoiset käyttövoimat ovat yleistymässä tieliikenteessä, vaikka niiden suhteellinen osuus on vielä pieni. Vesiliikenteessä vaihtoehtoiset käyttövoimat eivät ole juurikaan yleistyneet vielä käytössä. Myöskään biopolttoaineiden käyttöönotto lentoliikenteessä ei ole edennyt Suomessa. Sen sijaan rautateillä sähkö on pääasiallinen käyttövoima ja junat hyödyntävät myös jarrutusenergiaa.

Vuoden 2017 lopussa liikennekäytössä olevista henkilöautoista noin 72 % kulki bensiinillä ja noin 27 % dieselillä vaihtoehtoisten käyttövoimien osuuden ollessa noin 0,5 %. Pakettiautojen, linja-autojen ja kuorma-autojen kohdalla dieselin osuus käyttövoimista on hallitseva. Vuoden 2017 lopussa pakettiautoista noin 96 % oli dieselkäyttöisiä ja noin 3 % bensiinikäyttöisiä. Linja-autojen kohdalla dieselkäyttöisiä oli peräti 99 % ja bensiinikäyttöisiä noin 0,2 %. Kuorma-autoista taas 98 % toimi dieselillä ja noin 1,5 % bensiinillä. Vaihtoehtoisten käyttövoimien osuudet olivat vuoden 2017 lopussa pieniä: linja-autojen kohdalla 0,4 %, pakettiautojen kohdalla 0,2 % ja kuorma-autojen kohdalla 0,2 %.

Kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi voidaan todeta, että ilmansaasteet lyhensivät suomalaisten keskimääräistä eliniän odotetta noin 5,3 kuukautta vuonna 2013, pääaiheuttajina pienhiukkaset (64 %), suuremmat hiukkaset kuten katupöly (13 %), typpidioksidi (13 %) ja otsoni (2 %)⁶⁸. Taajamissa valtaosa pienhiukkaspitoisuuksista on peräisin tieliikenteestä. Liikenteen pienhiukkaspäästöt ovat lähivuosina vähentyneet 8 %:n vuositahtia ajoneuvojen tiukentuneiden pakokaasupäästömääräysten ja entistä puhtaampien polttoaineiden ansiosta.⁶⁹

⁶⁷ Henkilöliikennetutkimus 2016. Liikenneviraston tilastoja 1/2018.

⁶⁸ Ympäristöministeriön raportteja 16, 2016.

⁶⁹ Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTO, VTT.

Kansainvälisen liikenteen kasvihuonekaasupäästöt

Yleistä

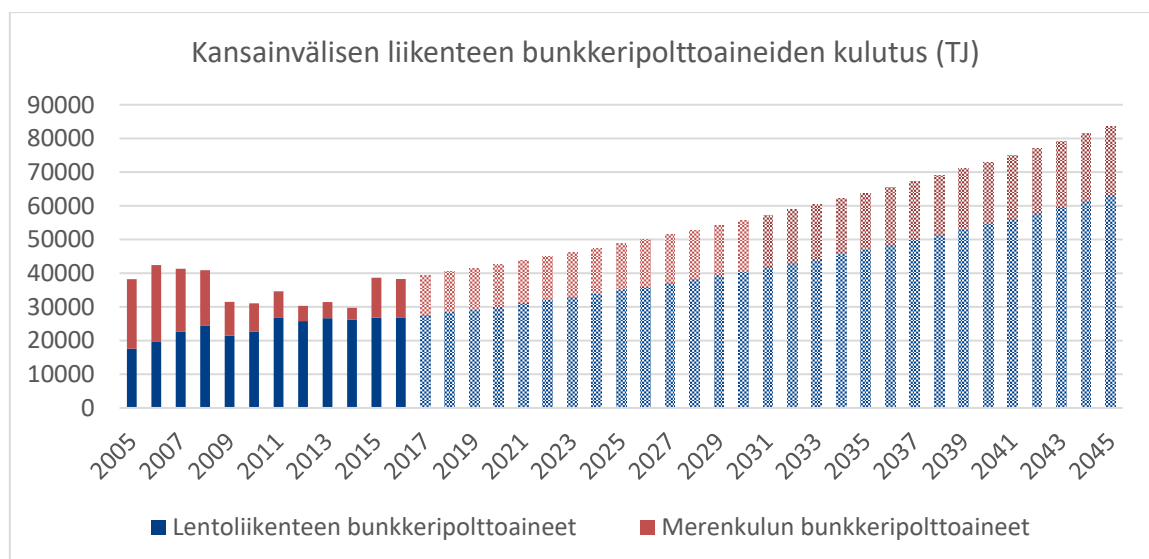
Kotimaan liikenteen energiankulutusta ja biopolttoaineiden riittävyyttä tarkasteltaessa on tärkeää huomioida myös kansainvälisen liikenteen tarpeet biopolttoaineille. Merenkulun tavoitteena on, että merenkulun kasvihuonekaasupäästöt vähenisivät vuoteen 2050 mennessä vähintään 50 prosenttia. Kansainvälisessä merenkulkujärjestössä ei ole vielä sovittu keinoista, joilla tähän tavoitteeseen päästään. Alustavasti keinot pitävät kuitenkin sisällään muun muassa alusten energiatehokkuuden parantamisen, biopolttoaineiden ja muiden vaihtoehtoisten polttoaineiden ja käyttövoimien käyttöönoton sekä mahdollisesti taloudellisten ohjauskeinojen käyttöönoton. Lentoliikenteen tavoitteena on vähintään 40 prosentin uusiutuvien tai muiden päästöjä vähentävien ratkaisuiden osuus vuonna 2050.⁷⁰ Kaupallisessa lentoliikenteessä biopolttoaineet nähdään kenties keskeisimpänä keinona ilmastovaikutusten pienentämiseksi eikä muita vaihtoehtoisia käyttövoimia laajempaan kaupalliseen käyttöön ole toistaiseksi saatavilla. Pidemmällä aikavälillä esimerkiksi hybriditeknologia yleistyneen lentokoneissakin. Tällä ei kuitenkaan saavuteta päästövähennystavoitteita riittävällä aikataululla.⁷¹

Kansainvälisen lentoliikenteen ja merenkulun nk. bunkeripolttoaineiden kulutus kuuluu Suomen kasvihuonekaasuinventaarion vuosittaiseen raportointiin. Suomen seitsemännessä maaraportissa YK:n ilmastopöytäkirjalle on arvioitu hyvin karkeasti kansainvälisen lentoliikenteen bunkeripolttoaineenkulutuksen vuosittaiseksi kasvuksi 3 prosenttia ja merenkulun 2 prosenttia.⁷² Alla oleva arvio on tehty vuoden 2016 tasosta ja sen mukaan vuonna 2030 lentoliikenteen kulutus voisi olla noin 41 000 TJ (noin 971 000 toe) ja merenkulun 15 000 TJ (noin 359 000 toe). Vuonna 2045 lentoliikenteen kulutus voisi olla 63 000 TJ (noin 1 513 000 toe) ja merenkulun 20 000 TJ (noin 484 000 toe). On huomioitava, että merenkulun polttoainekulutus vaihtelee herkästi suhdanteiden mukaan ja lisäksi valtaosa bunkrauksista tapahtuu muissa kuin Suomen satamissa ulkomaanliikenteen osalta.

⁷⁰ Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko, Suomen kansallinen ohjelma 2017

⁷¹ https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/liikenne/sadan-matkustajan-sahkolentokone-liikenteeseen-2030-airbus-ja-siemens-kehittavat-6540800

⁷² https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_nc7_final.pdf



Arvio Suomessa tehtyjen kansainvälisen lento- ja meriliikenteen bunkrauksien kehityksestä⁷³

Vesiliikenne

Lähes kaikki nykyiset alukset ja veneet käyttävät polttoaineena fossiilisia polttoaineita, kuten raskasta polttoöljyä tai meridieseliä. Mineraaliöljypohjaisten polttoaineiden uskotaan olevan vielä ainakin muutaman vuosikymmenen ajan yleisin polttoaine meriliikenteessä.

Viime vuosina nesteytetyn maakaasun (LNG) käyttö meriliikenteessä on yleistynyt. Käyttämällä raskaan polttoöljyn sijasta nesteytettyä maakaasua aluksen kasvihuonekaasupäästöt voivat vähentyä noin 15–20 prosentilla. Toisaalta LNG:n käyttöön liittyy hiilidioksidia voimakkaammin ilmastomuutosta kiihdyttävän metaanin päästöjen riski. LNG:n käytön arvioidaan lisääntyvän entisestään lähivuosina, koska sen käytöllä saavutetaan merkittävät vähenemät alusten rikki- ja typpipäästöissä. Esimerkiksi Suomen Varustamot ry. on arvioinut, että vuonna 2021, jolloin Itämerellä tulevat voimaan uusien alusten typpipäästörajoitukset, kaikki yhdistyksen jäsenvarustamojen alukset käyttävät LNG:tä polttoaineenaan (valtaosassa tosin nk. dual-fuel-moottori, joka voi käyttää myös dieseliä). Jakeluinfrastruktuuria laajennetaan useampiin satamiin, mikä kannustaa valitsemaan näissä satamissa vieraileviin aluksiin polttoaineeksi LNG:n. LNG-teknologiaa ja -infrastruktuuria voidaan hyödyntää myös nesteytetyn biokaasun

⁷³ Vuodet 2005–2016: National Inventory Report (NIR) and standardized reporting tables, CRF-tables, Table 1.D, <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2018>. Vuodesta 2017 alkaen kulutus on arvioitu.

(LBG) käytössä. LBG:n kasvihuonekaasupäästöt ovat 90 % pienemmät kuin perinteisten fossiilisten polttoaineiden.

Maailmanlaajuinen polttoaineen rikkipitoisuuden nykyistä tiukempi rajoitus (0,5 %; nyk. 3,5 %) tulee voimaan 1.1.2020, mikä lisää LNG:n lisäksi myös matalarikkisten nestemäisten fossiilisten polttoaineiden kysyntää. On oletettavissa, että joillekin aluksille asennetaan myös nk. rikkipesureita, jolloin ne voivat käyttää edelleen korkearikkistä polttoainetta. Matalarikkiset polttoaineet ovat ainakin toistaiseksi merkittävästi tavanomaisia korkean rikkipitoisuuden polttoaineita kalliimpia, minkä vuoksi varustamoilla on kannustin pienentää alustensa polttoaineen kulutusta.

Akkuteknologian parantuessa myös sähköön käyttö lisääntynee vesiliikenteessä. Pitkiä matkoja kulkevilla aluksilla akut veisivät niin paljon tilaa, ettei sähköön käyttö ole ainaakaan lähitulevaisuudessa niillä mahdollista pääkäyttövoimana. Lyhyemmillä etäisyyksillä, kuten merenkulun lähiliikenteessä (nk. short-sea shipping) sähkökäyttöisiä aluksia arvioidaan tulevan liikenteeseen 2020-luvulla.

Suurin potentiaali sähköllä on kuitenkin hyvin lyhyillä matkoilla, kuten yhteysaluksissa ja lautoissa. Suomessa on jo kaksi sähkökäyttöistä lautta, Elektra Nauvossa ja Föri Turussa. Norjassa on puolestaan käytössä, tilattu tai suunnitteilla jo 60 lautta, joiden on tarkoitus liikennöidä maailman perintökohteisiin lukeutuvilla vuonoilla. Myös huviveneitä on jo mahdollista saada akuilla varustettuna. Sähköllä olisi mahdollista vähentää myös perinteisiä polttoaineita käyttävien alusten päästöjä niiden ollessa sata-massa.

Biopolttoaineet ovat yksi mahdollinen vaihtoehtoinen käyttövoima myös vesiliikenteessä. Maailmanlaajuisen kauppamerenkulun ratkaisuksi siitä ei kuitenkaan ole, koska biopolttoainetta ei saisi tuotettua kestävästi koko sektorin⁷⁴ ja muiden sektoreiden tarpeisiin. Etenkin lentoliikenteessä on paineita lisätä biopolttoaineiden osuutta, koska lentokoneissa ei ole laajassa mittakaavassa muita vaihtoehtoja fossiiliselle kerosiinille. Biopolttoaineissa on kuitenkin potentiaalia etenkin veneilyn päästöjen vähentämisessä, sillä jakeluasemat ovat osin samoja kuin tieliikenteessä ja monet veneet voivat käyttää biopolttoaineita nykyisissä moottoreissaan. Biopolttoaineiden päästöjä vähentävä vaikutus riippuisi siitä, kuinka laajasti niitä käytettäisiin ja mikä olisi käytettävän polttoaineen bio-osuus (jos sekoite). 100 % biopolttoaineen käyttö vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä noin puoleen nykyisestä.

⁷⁴ Tällä hetkellä merenkulun polttoaineen kulutus on noin 300 miljoonaa tonnia vuodessa.

Tulevaisuudessa arvioidaan saatavat kehitetyksi kaupallisesti kannattaviksi teknologioita, jotka eivät tällä hetkellä ole vielä kypsiä hyödynnettäviksi laajassa mittakavassa. IMO:n alustavan kasvihuonekaasustrategian pitkällä aikavälillä edellyttämät nollopäästöt edellyttävät täysin uudenlaisia polttoaineita. Monet alan tutkijat uskovat, että suurin potentiaali on vedyn tai ammoniakkin käytössä yhdistettynä polttokennoteknologiaan. Toistaiseksi haasteena on vedyn tuottamisen kuluttama energia ja aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt sekä polttokennojen vaatima tila eivät mahdollista teknologian käyttöönottoa. Tulevaisuudessa todennäköisesti nähdään päästöttömällä sähköllä tehtävän vetyä elektrolyysillä ilman kasvihuonekaasupäästöjä. Myös tuulivoiman potentiaalia käyttövoimana tutkitaan. Meriliikenteessä ei ole nähtävissä paluuta aiemmin vallinneisiin purjealuksiin, mutta tuulivoimaa voitaisiin käyttää lisäpropulsion lähteenä esimerkiksi leijoja hyödyntämällä. Suomalainen Norsepower valmistaa nk. Flettner-roottoreita eli roottoripurjeita, joilla tuulienergiaa saadaan muutettua aluksen työntövoimaksi. Tällä teknologialla voidaan saavuttaa muutamien tai useilla roottoreilla jopa 10 prosentin säästö aluksen polttoaineen kulutuksessa. Lisäksi tuuli- ja aurinkoenergiaa olisi mahdollista hyödyntää sitomalla energiaa kaasuun tai nesteeseen (elektrolyysi ja power to gas ja power to liquid). Aurinkovoimaa voidaan myös hyödyntää isoilla aluksilla aluksen runkoon kiinnitettyjä aurinkopaneeleita hyödyntämällä. Ei ole kuitenkaan näköpiirissä, että aurinkopaneleilla saataisiin kerättyä niin merkittäviä määriä energiaa, että se riittäisi aluksen (ainakaan pääasialliseksi) käyttövoimaksi.

Lentoliikenne

Lentoliikenteen päästöihin vaikuttavat liikennesuoritteiden voimakas kasvu ja vaihtoehtojen käyttövoimien puute. Sähkön käytöllä voidaan vähentää päästöjä jo lähivuosina, mutta se tapahtuu lentoasemilla maa-ajoneuvoissa ja koneiden siirtokalustoissa. Siirtokaluston sähköistämällä voidaan operaattorista riippuen saavuttaa jopa neljän prosentin vähennys lentopolttoaineen kulutukseen, koska lentokoneen moottorien hyötysuhde rullauksissa on huono. Akkuteknologialta vaaditaan kuitenkin vielä paljon kehitystä ja vuosia vievät hyväksyntä- ja standardointiprosessit ennen kuin ne ovat koneiden käyttövoimana realismia laajamittaisessa kaupallisessa liikenteessä. Arvioitaessa sähköistymiskehityksen päästövaikutuksia tulee myös huomioida, että lentokoneiden elinkaari lasketaan yleensä kymmenissä vuosissa.

Lentoliikenteen sähköistymiskehityksen vaatiman ajan vuoksi olisi erittäin tärkeää panostaa uusiutuvien polttoaineiden pikaiseen käyttöönottoon Suomessa ja maailmanlaajuisesti. Edistyneillä jätöpohjaisilla uusiutuvilla lentopolttoaineilla voidaan teoreettisesti saavuttaa jopa 90 %:n päästövähennys. Haasteena uusiutuvien polttoaineiden käyttöönotossa on ollut niiden fossiilista kerosiinia huomattavasti korkeampi markkinahinta, joka tosin voi hieman laskea uuden biodiesel-pohjaisen lentopolttoaineen hyväksynnän ja kysynnän lisääntymisen myötä. Jos nykyinen päästöoikeuksien nouseva

hintakehitys odotetusti jatkuu, lisääntyy myös operaattorien kiinnostus päästövähennysten saavuttamiseen uusiutuvien lentopolttoaineiden avulla.

ICAO:n tarkoitus viimeistään vuonna 2025 päättää uusiutuvien lentopolttoaineiden määrälliset tavoitteet kansainvälisessä lentoliikenteessä vuoteen 2050 saakka. ICAO:n sihteeristön epävirallisen näkemyksen mukaan mahdollinen uusiutuvien polttoaineiden osuus voisi olla 2 % vuonna 2025 (5 Mt/v. ja sen tuottama CO₂-vähenemä 0,9 %), 32 % vuonna 2040 (128 Mt/v. ja 12 %) ja 50 % vuonna 2050 (285 Mt/v. ja 33 %). Tarkkoja arvioita on vaikea tehdä muun muassa siksi, että uudentyypisiä uusiutuvia polttoaineita kehitetään jatkuvasti (esimerkiksi uusiutuvasta sähköstä tuotettavaa polttoainetta, power to liquid, PTL) ja ne vaikuttavat suuresti polttoaineiden saatavuuteen ja hintakehitykseen, mitkä ovat keskeisiä käyttöasteeseen vaikuttavia tekijöitä.

Laskelmat muutospolkujen kokonaisenergiankulutukseen liittyen

BIO

Liikennesuorite:

BIO-skenaariossa henkilöautojen liikennesuorite kasvaa kuten nykyisinkin, noin prosentin/vuosi (pitkällä aikavälillä)⁷⁵, mutta hidastuu vuotta 2045 kohti mennessä väestö- ja kaupungistumiskehityksen vuoksi. Yhteensä kasvua kertyy 12 prosenttia vuodesta 2012 vuoteen 2030 mennessä ja 16 prosenttia vuoteen 2045 mennessä. Kasvuluvut vastaavat energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman ennakoitua liikennesuoritteiden kasvua (=liikenteen perusennuste).

Pakettiautojen, linja-autojen ja kuorma-autojen suorite kasvaa BIO-skenaariossa henkilöautoja hitaammin. Paketti- ja linja-autojen suorite (=ajoneuvokilometrit) kasvaa 6 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja 11 prosenttia vuoteen 2045 mennessä. Kuorma-autojen suorite kasvaa 6 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja 17 prosenttia vuoteen 2045 mennessä. Luvut vastaavat energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman lukuja (=liikenteen perusennuste).

Raideliikenteen suorite kehittyy BIO-skenaariossa kuten energia- ja ilmastostrategian perusennusteessa. Junakilometrien määrä vähenee 1,2 prosenttia / vuosi vuoteen 2020 asti, ja pysyy sen jälkeen samalla tasolla tarkastelujakson loppuun saakka. 78 prosenttia suoritteesta syntyy henkilöliikenteestä ja 28 prosenttia tavaraliikenteestä. Sähkövedon osuus kaikista junakilometreistä on noin 90 prosenttia.

Myös kotimaan vesiliikenteen suorite kehittyy tässä skenaariossa kuten perusennusteessa. Vesiliikenteen suorite kasvaa 0,4 prosenttia / vuosi koko tarkastelujakson ajan.

Kotimaan lentoliikenteen suorite pysyy BIO-skenaariossa samalla tasolla koko tarkastelujakson, kuten perusennusteessakin. Lentoliikenteen osalta on huomattava, että lentoliikenteen kasvihuonekaasupäästöt eivät sisälly taakanjakosektorin päästöihin, vaan ne muodostavat tilastoissa oman kokonaisuutensa (lentoliikenteen päästökauppa).

⁷⁵ Tietilasto 2017

Autokanta ja muut liikennevälineet

BIO-skenaariossa autokanta kehittyy kuten liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteessa. Vuosina 2016–2020 uusien henkilöautojen myynti on keskimäärin 4,7 prosenttia autokannasta (eli noin 110 000 autoa/vuosi), vuosina 2021–2030 keskimäärin 5,1 prosenttia (noin 135 000 autoa/vuosi) ja vuosina 2031–2050 keskimäärin 5,3 prosenttia (150 000 autoa/vuosi). Lisäksi autokantaan tulee käytettynä maahan-tuotuja autoja noin 30 000 kpl/vuosi.

Koska autokannan uusiutuminen oletetaan skenaariossa hitaaksi, myös sähkö-, vety- ja kaasuautojen osuus uusista myydyistä autoista säilyy hyvin matalana koko tarkas-telujakson (kuten perusennusteessa). Vuonna 2030 sähkö- ja vetikäyttöisiä autoja on yhteensä noin 120 000 kpl, ja vuonna 2045 yhteensä noin 455 000 kpl. Kaasukäyttöi-siä autoja on vain 13 000 kpl vuonna 2030 ja 27 000 kpl vuonna 2045. Bensiini- ja dieselautoja on vuonna 2030 yhteensä noin 2,8 miljoonaa kappaletta ja vuonna 2045 noin 2,7 miljoonaa kappaletta.

Pakettiautojen vuosittaisen uusmyynnin arvioidaan olevan vuosina 2016–2020 4,6 prosenttia pakettiauto-kannasta, vuosina 2021–2030 5,1 prosenttia ja vuosina 2031–2050 4,8 prosenttia.

Linja-autojen myynnin arvioidaan olevan koko ennustejakson ajan noin 3,6 prosenttia linja-autokannasta/vuosi ja kuorma-autojen noin tasolla 3,9 prosenttia.

Myös muiden liikennevälineiden uusiutumistahti on BIO-skenaariossa hidas ja vastaa liikenteen perusennustetta.

Polttoaineet

Biopolttoaineiden osuus kaikesta myydyistä polttoaineesta (nesteet ja kaasut) on BIO-skenaariossa 13,5 prosenttia vuonna 2020⁷⁶, 30 prosenttia vuonna 2030⁷⁷ ja 100 pro-senttia vuonna 2045⁷⁸. Polttoaineiden kokonaismäärä on kuitenkin huomattavasti suu-rempi kuin muissa skenaarioissa, koska kasvava liikennesuorite ja vanhenevat liiken-nevälineet yhdessä aiheuttavat kokonaisenergiankulutuksen pysymisen varsin korke-alla tasolla.

⁷⁶ Uusiutuvan energian direktiivin sallima enimmäismäärä (7 prosenttia) 1. sukupolven biopoltto-aineita ja 6,5 prosenttia ns. tuplalaskettavia, edistyneitä biopolttoaineita.

⁷⁷ Ei tuplalaskentaa.

⁷⁸ Ei tuplalaskentaa.

Taulukko: Eri käyttövoimien osuus liikenteen käyttövoimista 2045 (ktoe / v.)

	Perusennuste 2045	BIO-skenaario 2045
Fossiilinen bensiini	1000	0
Fossiilinen diesel	1767	0
Uusiutuva diesel	369	2057
Etanoli	59	210
Bensiiniä korvaava uusiutuva polttoaine X (uusiutuva bensiini tms.)	0	772
Fossiilinen kaasu	13	0
Biokaasu	13	26
Sähkö	146	146

TEKNO

Autokanta ja muut liikennevälineet

TEKNO-skenaariossa henkilöautojen myynti kasvaa nykyisestä noin 120 000 uudesta henkilöautosta/vuosi noin 185 000 autoon/vuosi. Tämä tarkoittaa, että noin 7 prosenttia autokannasta uusiutuu joka vuosi (nyt alle 5 prosenttia).

Uusien henkilöautojen lisäksi autokantaan tulee käytettynä maahantuotuja autoja noin 30 000 kpl / vuosi eli saman verran kuin nykyisinkin. Näiden autojen ominaisuudet muuttuvat kuitenkin huomattavasti. Tällä erää maahantuodut autot ovat usein suurehkoja, dieselkäyttöisiä autoja. Skenaariossa taas oletuksena on, että maahan tuotaisiin lähinnä käytettyjä sähkö- ja kaasuautoja.

Pakettiautojen vuosittainen uusmyynti kasvaa skenaariossa nykyisestä noin 4 prosentista noin 5 prosenttiin vuonna 2020, ja säilyy samalla tasolla tarkastelujakson loppuun asti.

Sähkö- ja vetyautojen osuus uusista henkilö- ja pakettiautoista kasvaa nykyisestä noin 4 prosentista 70 prosenttiin vuonna 2030 ja 93 prosenttiin vuonna 2045. Kaasukäyttöisten autojen osuus uusista autoista kasvaa nykyisestä noin 1 prosentista noin 7 prosenttiin vuonna 2025, ja pysyy samalla tasolla tarkastelujakson loppuun saakka.

Fossiilisia öljypohjaisia polttoaineita sekä nestemäisiä biopolttoaineita hyödyntävien polttomootoriautojen osuus uusista myydyistä henkilö- ja pakettiautoista putoaa nykyisestä noin 95 prosentista nolleen vuonna 2035.

Taulukko: Eri käyttövoimien osuus uusista henkilö- ja pakettiautoista 2016–2045

	Sähkökäyttöiset autot (sähkö ja vety)	Kaasukäyttöiset autot (biokaasu)	Muut polttomoottoriautot (fossiiliset öljypohjaiset polttoaineet + nestemäiset biopolttoaineet)
2016	1	0,5	98,5
2017	2	1	97
2018	4	2	94
2019	6	3	91
2020	10	4	86
2021	15	5	80
2022	20	5	75
2023	25	6	69
2024	30	6	64
2025	35	7	58
2026	44	7	49
2027	51	7	42
2028	58	7	35
2029	64	7	29
2030	70	7	22
2031	76	7	17
2032	81	7	12
2033	85	7	8
2034	89	7	4
2035	93	7	0
2036	93	7	0
2037	93	7	0
2038	93	7	0
2039	93	7	0
2040	93	7	0
2041	93	7	0
2042	93	7	0
2043	93	7	0
2044	93	7	0
2045	93	7	0

TEKNO-skenaariossa sähkö- ja vetyautojen osuus uusista linja-autoista on 55 prosenttia vuonna 2030⁷⁹ ja 75 prosenttia vuonna 2045. Biokaasulla kulkevien linja-autojen osuus on 14 prosenttia vuonna 2030 ja 25 prosenttia vuonna 2045.

Sähkö- ja vetyautojen osuus uusista kuorma-autoista on 15 prosenttia v. 2030⁸⁰ ja 75 prosenttia vuonna 2045. Biokaasulla kulkevien kuorma-autojen osuus on sama kuin linja-autoilla: 14 prosenttia vuonna 2030 ja 25 prosenttia vuonna 2045.

Taulukko: Eri käyttövoimien osuus uusista linja- ja kuorma-autoista 2016–2045

	Sähkö- ja vetybussit, % uusista autoista	Sähkö- ja vetykuorma-autot, % uusista autoista	Kaasubussit ja -kuorma-autot, % uusista autoista
2016	0,5	0,5	0,5
2017	1	1	1
2018	2	2	2
2019	4	3	3
2020	8	4	4
2021	12	5	5
2022	15	6	6
2023	20	7	7
2024	25	8	8
2025	30	9	9
2026	35	11	10
2027	40	12	11
2028	45	13	12
2029	50	14	13
2030	55	15	14
2031	60	17	16
2032	65	20	18
2033	70	23	20
2034	75	26	22
2035	75	30	25

⁷⁹ Vrt. KOM (2017) 653 lopullinen, Komission ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi puhtaiden ja energiatehokkaiden tieliikenteen moottoriajoneuvojen edistämiseksi annetun direktiivin 2009/33/EY muuttamisesta: julkisen sektorin sähkö-, vety- ja kaasukäyttöisten linja-autojen osuudeksi Suomessa vuonna 2030 ehdotetaan 69 prosenttia.

⁸⁰ Vrt. KOM (2017) 653 lopullinen, Komission ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi puhtaiden ja energiatehokkaiden tieliikenteen moottoriajoneuvojen edistämiseksi annetun direktiivin 2009/33/EY muuttamisesta: julkisen sektorin sähkö-, vety- ja kaasukäyttöisten kuorma-autojen osuudeksi Suomessa vuonna 2030 ehdotetaan 15 prosenttia.

	Sähkö- ja vetybussit, % uusista autoista	Sähkö- ja vetykuorma-autot, % uusista autoista	Kaasubussit ja -kuorma-autot, % uusista autoista
2036	75	35	25
2037	75	40	25
2038	75	45	25
2039	75	50	25
2040	75	55	25
2041	75	60	25
2042	75	65	25
2043	75	70	25
2044	75	75	25
2045	75	75	25

Vuonna 2030 sähkö- ja vetykäyttöisiä henkilöautoja on yhteensä yli 900 000 kpl, ja vuonna 2045 jo noin 2,6 miljoonaa kappaletta. Kaasukäyttöisiä henkilöautoja on 143 000 kpl vuonna 2030 ja 215 000 kpl vuonna 2045.

Liikennesuorite:

Kuten BIO-skenaariossa (ja liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteessa).

Polttoaineet

TEKNO-skenaariossa biopolttoaineiden osuus kaikesta myydystä polttoaineesta (nesteeet ja kaasut) on 13,5 prosenttia vuonna 2020⁸¹, 30 prosenttia vuonna 2030⁸² ja 100 prosenttia vuonna 2045⁸³. Polttoaineiden kokonaismäärä on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin BIO-skenaariossa, koska autojen ja muiden liikennevälineiden energiatehokkuuden radikaali parantuminen pienentää liikenteen kokonaisenergiankulutusta merkittävästi.

⁸¹ Uusiutuvan energian direktiivin sallima enimmäismäärä (7 prosenttia) 1. sukupolven biopolttoaineita ja 6,5 prosenttia ns. tuplalaskettavia, edistyneitä biopolttoaineita.

⁸² Ei tuplalaskentaa.

⁸³ Ei tuplalaskentaa.

PALVELU

Liikennesuorite

Henkilöautojen liikennesuorite ei PALVELU-skenaariossa kasva enää vuoden 2025 jälkeen, vaan kääntyy laskuun ja pienenee 50 prosenttia vuoteen 2045 mennessä.

PALVELU-työryhmässä päätettiin, että muutoksia muiden liikennemuotojen kuin henkilöautojen suoritteessa ei tässä vaiheessa arvioida. On erittäin vaikea ennakoida, siirtyisivätkö ihmiset vuosien varrella henkilöautoista kävelemään, pyöräilemään, linja-autoihin vaiko juniin. Osa matkoista saattaisi jäädä myös kokonaan tekemättä, kun erilaiset etämahdollisuudet kehittyvät. Siirtymien arviointi on yhtä haastavaa myös tavarakuljetusten puolella. On myös huomattava, että erityisesti henkilöliikenteessä muiden liikennemuotojen kuin henkilöautojen osuus liikenteen päästöistä on hyvin pieni. Esimerkiksi raideliikenteen osuus liikenteen kaikista kasvihuonepäästöistä on prosentin luokkaa, ja vaikka tämä osuus tuplaantuisi, sen merkitys jäisi silti pieneksi. Linja- ja kuorma-autojen osalta liikennesuoritteet kehittyvät PALVELU-skenaariossa näin ollen kuten perusennusteessa. Linja-autojen suorite kasvaa 6 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja 11 prosenttia vuoteen 2045 mennessä, ja kuorma-autojen suorite 6 prosenttia vuoteen 2030 mennessä ja 17 prosenttia vuoteen 2045 mennessä.

Myös junakilometrien ja kotimaan vesiliikenteen ja lentoliikenteen suorite kehittyy tässä skenaariossa kuten perusennusteessa.

Autokanta ja muut liikennevälineet

PALVELU-skenaariossa autokanta kehittyy enimmäkseen kuten liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennusteessa. Vuosina 2016–2020 uusien henkilöautojen myynti on keskimäärin 4,7 prosenttia autokannasta (eli noin 110 000 autoa/vuosi), vuosina 2021–2030 keskimäärin 5,1 prosenttia (noin 135 000 autoa/vuosi) ja vuosina 2031–2050 keskimäärin 5,3 prosenttia (150 000 autoa/vuosi). Lisäksi autokantaan tulee käytettynä maahantuotuja autoja noin 30 000 kpl/vuosi.

Monien asiantuntija-arvioiden mukaan liikenteen palveluistuminen tosiasiallisesti nopeuttaisi autokannan uusiutumista, koska yritysakanta uusiutuu keskimäärin nopeammin kuin yksityisten omistama autokanta. Tämä todennäköinen kehitys on kuitenkin rajattu PALVELU-skenaariosta pois, jotta skenaarion kautta saataisiin näkyville nimenomaan liikennesuoritteiden muutosten vaikutus liikenteen kokonaisenergiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin. Autokannan nopean uusiutumisen vaikutuksia tarkastellaan TEKNO-skenaariossa.

PALVELU-skenaarioon on kuitenkin sisällytetty liikenteen palveluistumisen vaikutukset autokannan kokoon. Tässä skenaariossa henkilöautokanta pienenee 10 prosentilla vuoteen 2030 mennessä ja kolmanneksella vuoteen 2045 mennessä, koska yksityisten ihmisten autojen omistaminen vähenee liikenteen palveluistuessa. Bensiini- ja dieselautoja on siten vuonna 2030 yhteensä enää noin 2,5 miljoonaa kappaletta ja vuonna 2045 noin 2 miljoonaa kappaletta.

Koska autokannan uusiutuminen oletetaan skenaariossa hitaaksi, myös sähkö-, vety- ja kaasuautojen osuus uusista myydyistä autoista säilyy hyvin matalana koko tarkastelujakson (kuten perusennusteessa). Vuonna 2030 sähkö- ja vetykäyttöisiä autoja on yhteensä noin 120 000 kpl, ja vuonna 2045 yhteensä noin 455 000 kpl. Kaasukäyttöisiä autoja on vain 13 000 kpl vuonna 2030 ja 27 000 kpl vuonna 2045.

Pakettiautojen vuosittaisen uusmyynnin arvioidaan olevan vuosina 2016–2020 4,6 prosenttia pakettiautokannasta, vuosina 2021–2030 5,1 prosenttia ja vuosina 2031–2050 4,8 prosenttia.

Linja-autojen myynnin arvioidaan olevan koko ennustejakson ajan noin 3,6 prosenttia linja-autokannasta ja kuorma-autojen noin tasolla 3,9 prosenttia.

Polttoaineet

Kuten muissakin skenaarioissa, myös PALVELU-skenaariossa biopolttoaineiden osuus kaikesta myydystä polttoaineesta (nesteet ja kaasut) on 13,5 prosenttia vuonna 2020⁸⁴, 30 prosenttia vuonna 2030⁸⁵ ja 100 prosenttia vuonna 2045⁸⁶. Polttoaineiden kokonaismäärä on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin BIO-skenaariossa, koska autojen ja muiden liikennevälineiden suoritteen pienentyminen vähentää liikenteen kokonaisenergiankulutusta merkittävästi.

⁸⁴ Uusiutuvan energian direktiivin sallima enimmäismäärä (7 prosenttia) 1. sukupolven biopolttoaineita ja 6,5 prosenttia ns. tuplalaskettavia, edistyneitä biopolttoaineita.

⁸⁵ Ei tuplalaskentaa.

⁸⁶ Ei tuplalaskentaa.

Sanasto

Tässä on esitelty keskeisiä väliraportissa käytettyjä termejä.

Ajoneuvovero. Vuotuinen vero, joka kannetaan Suomessa rekisteröidystä henkilö- ja pakettiautosta sekä eräistä erikoisautoista. Ajoneuvovero koostuu perusverosta ja käyttövoimaverosta. Käyttövoimaveron määrätään ajoneuvolle, jota käytetään muulla voimalla tai polttoaineella kuin moottoribensiinillä.

Autovero. Vero, joka kannetaan henkilöautosta, pakettiautosta ja moottoripyörästä, kun ajoneuvo rekisteröidään tai otetaan käyttöön Suomessa.

Biodiesel. Nestemäinen biopolttoaine, jolla korvataan dieseliä. Perinteinen ensimmäisen sukupolven biodiesel valmistetaan esteröimällä kasviöljyjä tai rasvoja. Perinteinen biodiesel on kemialliselta koostumukseltaan esteri, jota kaikki moottorit eivät kestä. Tämän vuoksi biodieseliä saa nykyisten polttoaineiden laatua koskevien standardien mukaan sekoittaa fossiiliseen dieseliin korkeintaan 7 prosenttia. Ks. myös uusiutuva diesel.

Bioetanoli. Ks. ”etanoli”.

Biokaasu. Ks. ”metaani”.

Biomassa. Biologista alkuperää oleva aine, lukuun ottamatta geologisiin muodostuksiin peittyneitä ja/tai fossilisoituneita aineksia. Biomassoja ovat puubiomassa, kasvi-biomassa, hedelmäbiomassa ja vesibiomassa. Lisäksi EU-direktiiveissä on hieman toisistaan poikkeavia määritelmiä biomassalle.

Biopolttoaine. EU-direktiivissä (2009/98/EY) biopolttoaineilla tarkoitetaan nestemäisiä tai kaasumaisia liikenteessä käytettäviä polttoaineita, jotka tuotetaan biomassasta. Näitä ovat esimerkiksi etanoli, biodiesel, uusiutuva diesel ja biokaasu.

CO₂ eli hiilidioksidi. Hapen palamiskaasu, jota syntyy pääasiassa orgaanisten aineiden palamistuotteena. Fossiilisten aineiden, kuten kivihiilen ja öljyn poltto kasvattaa sen määrää ilmakehässä. Se on ihmiskunnan tuottamista kasvihuonekaasuista ylivoimaisesti merkittävin. Valtaosa ihmiskunnan tuottamasta hiilidioksidista on peräisin fossiilisten polttoaineitten (mm. öljyn, kivihiilen ja maakaasun) käytöstä.

Energiasisältövero. Nestemäisten polttoaineiden valmistevero, eli polttoainevero, koostuu energiasisältöverosta ja hiilidioksidiverosta. Energiasisältövero perustuu polt-

toaineen lämpöarvoon ja hiilidioksidivero poltosta syntyvään hiilidioksidin ominaispäästöön. Valmisteverotuksen yhteydessä sekä fossiilisista että bioperäisistä liikennepolttoaineista maksetaan huoltovarmuusmaksua.

Etanoli. Nestemäinen biopolttoaine, jolla korvataan bensiiniä. Etanolia voidaan sekoittaa tavanomaiseen bensiinipolttoaineeseen nykyisten polttoaineiden laatua koskevien standardien mukaan korkeintaan 10 tilavuusprosenttia. Ns. fleksifuel-ajoneuvoissa, joiden moottori on säädetty käyttämään etanolia myös korkeina pitoisuuksina, etanolia voidaan käyttää korvaamaan tavallista bensiiniä myös korkeampina pitoisuuksina.

Fossiilinen polttoaine. Fossiilisilla polttoaineilla tarkoitetaan polttoaineita, jotka ovat muodostuneet biomassasta ja varastoituneet maaperään miljoonia vuosia sitten. Fossiilisia polttoaineita ovat mm. kivihiili, ruskohiili, maakaasu ja raakaöljystä jalostetut polttoaineet kuten bensiini, diesel ja kerosiini.

Hiilinielu. Hiilinielu kerää ja varastoi jotakin hiiltä sisältävää kemiallista yhdistettä, yleensä hiilidioksidia. Tärkeimmät hiilinielut ovat meret ja metsät. Levät ja kasvit muuttavat fotosynteesissä ilman hiilidioksidia omaksi biomassakseen. Lisäksi meriin liukenee hiilidioksidia sellaisenaan ja muissa epäorgaanisissa muodoissa. Maaperä sitoo jonkin verran hiilidioksidia, mutta toisaalta se myös vapauttaa sitä.

Kaasuauto; kaasukäyttöinen auto. Polttomoottoriauto, joka voi polttoaineenaan hyödyntää metaania (joko maa- tai biokaasua). Kaasuautot ovat usein ns. kaksikäyttö- (dualfuel-) autoja, joissa kaasun lisäksi voidaan käyttää myös bensiiniä tai dieseliä.

Kasvihuonekaasupäästö. Kasvihuoneilmion mahdollistavat ilmakehän kasvihuonekaasut, joista tärkeimpiä ovat vesihöyry ja hiilidioksidi. Hiilidioksidi on ihmiskunnan tuottamista kasvihuonekaasuista ylivoimaisesti merkittävin. Kasvihuonekaasujen päästöjen tulevaa kehitystä arvioidaan erilaisilla skenaarioilla.

Metaani. Liikenteessä käytetty kaasumainen polttoaine. Metaani voi olla fossiilista maakaasua tai eloperäisen aineksen mädäntyessä talteen otettua biokaasua. Kemialliselta koostumukseltaan fossiilinen maakaasu ja uusiutuva biokaasu ovat sama yhdiste. Erottavana tekijänä on nimenomaan kaasun alkuperä.

Polttoainestandardit. Polttoaineiden tasainen laatu Euroopassa varmistetaan eu-rooppalaisilla polttoainestandeilla. Standardit toimivat kansallisen polttoaineiden laatuun liittyvän lainsäädännön pohjana. Fossiilisen bensiinin ja dieselin standardeissa (EN 228 bensiinille ja EN 590 dieselille) määritellään muun muassa se, kuinka

paljon polttoaineeseen voidaan sekoittaa etanolia tai biodieseliä. Uusiutuvalle dieselille on olemassa oma standardinsa EN 15940.

Polttokennoauto; vetyauto. Auto, joka saa energiansa polttokennolla tuotettavasta sähköstä. Polttokenno tuottaa sähköä vedystä ja hapesta. Vety valmistetaan sähköä avulla vedestä ja säilötään tankkeihin ja happi saadaan ilmasta. Kennon tuottama sähkö varastoidaan akkuihin, joita voidaan ladata myös jarrutuksen aikana.

Polttomootoriauto. Perinteinen polttomootorilla toimiva auto, jossa polttoaineena voidaan käyttää joko fossiilista tai uusiutuvaa polttoainetta joko nestemäisessä tai kaasumaisessa muodossa. Polttomootoriautoja ovat esimerkiksi bensiini-, diesel- ja kaasuaivot.

Päästökauppa. Päästökauppajärjestelmä hinnoittelee ilmastonmuutosta aiheuttavat hiilidioksidipäästöt. Päästökaupasta on olemassa erilaisia teoreettisia malleja. Se voidaan toteuttaa joko keskitetysti tai hajautetusti. Järjestelmään kuuluvat toimijat joutuvat hankkimaan päästöoikeudet jokaista ilmakehään vapauttamaansa hiilidioksiditonnia kohti. EU:ssa päästökauppa koskee energiantuotantoa, energiantensiivistä teollisuutta ja lentoliikennettä.

Sähköauto. Sähköautolla tarkoitetaan sekä täyssähköautoja, joissa on pelkästään sähkömoottori, että ladattavia hybridejä, joissa on sekä sähkö- että perinteinen polttomoottori. Tavanomaisissa, ei-ladattavissa hybridautoissa on myös sekä sähkö- että polttomoottori, mutta koska kaikki energia niihin tulee bensiinistä tai dieselistä, niitä ei lueta mukaan sähköautoihin.

Sähkökäyttöinen auto. Täyssähköauto, ladattava hybridi tai vetyauto.

Taakanjakosektori. EU:n päästökaupan ulkopuolinen sektori eli liikenne, maatalous, jätesektori, teollisuuden F-kaasut sekä rakennusten erillislämmitys. Liikenteen osuus taakanjakosektorin päästöistä Suomessa on noin 40 %.

Uusiutuva bensiini. [Tulevaisuuden] bensiinipolttoaine, joka on valmistettu biomassasta esim. vetykäsittelytekniikalla. Tällainen uusiutuva bensiini soveltuu kaikkiin bensiinimootoreihin. Sitä voidaan käyttää myös korkeina pitoisuuksina fossiilisen bensiinin seassa tai sellaisenaan, joten sekoitussuhteelle ei ole rajoituksia.

Uusiutuva diesel. Nestemäinen biopolttoaine, jolla korvataan dieseliä. Biodieseliä teknisesti edistyneempi biomassapohjainen diesel, jota voidaan tavanomaisissa autoissa käyttää korkeinkin pitoisuuksina ilman teknistä sekoiterajaa. Uusiutuva diesel vastaa koostumukseltaan fossiilisen dieselin hiilivetyjä.

Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmä

Organisointi

Puheenjohtaja ja jäsenet:

Liikenne- ja viestintäministeriö	puheenjohtaja Juhapekka Ristola, osastopäällikkö, ylijohtaja varapuheenjohtaja Sabina Lindström, johtaja, liikenneneuvos jäsen Susanna Niinivaara, yksikön johtaja, viestintäjohtaja
Ympäristöministeriö	jäsen Magnus Cederlöf, ympäristöneuvos varajäsen Petteri Katajisto, ympäristöneuvos
Valtiovarainministeriö	jäsen Ilari Valjus, erityisasiantuntija
Työ- ja elinkeinoministeriö	jäsen Petteri Kuuva, teollisuusneuvos varajäsen Timo Ritonummi, teollisuusneuvos
Ilmatieteen laitos	jäsen Juhani Damski, pääjohtaja
Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi	jäsen Mia Nykopp, pääjohtaja
Liikennevirasto	jäsen Mirja Noukka, toimialajohtaja varajäsen Arto Hovi, yksikön päällikkö
Viestintävirasto	jäsen Jarno Ilme, johtaja
Helsingin seudun liikenne	jäsen Sini Puntanen, osastonjohtaja varajäsen Aarno Kononen, ryhmäpäällikkö
Sitra	jäsen Mari Pantsar, johtaja varajäsen Oras Tynkkynen, vanhempi neuvonantaja
ITS Finland	jäsen Karri Salminen, hallituksen puheenjohtaja (ITS Finland), johtaja (CGI) varajäsen Marko Forsblom, toiminnanjohtaja
Helsingin yliopisto	jäsen Markku Ollikainen, professori
Tampereen teknillinen yliopisto	jäsen Heikki Liimatainen, assistant professor varajäsen Riku Viri, tutkija
Neste Oyj	jäsen Seppo Loikkanen, Head of Environmental and Energy Policy
Gasum Oy	jäsen Matti Oksanen, johtaja
Fortum Oyj	jäsen Tero Era, Country Manager Finland (Fortum Charge & Drive)

Teknolohiateollisuus

jäsen Heikki Karsimus, johtava asiantuntija
varajäsen Matti Rae, toimialaryhmän puheenjohtaja (Teknolohiateollisuus), uuden teknologian johtaja (Ensto Oy)

Sihteeristö:

Liikenne- ja viestintäministeriö

Johanna Särkijärvi, neuvotteleva virkamies

Saara Jääskeläinen, liikenneneuvos

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi

Katja Lohko-Soner, johtava asiantuntija

Väli raportin kirjoittamisen ajaksi **työryhmä asetti kolme alatyöryhmää**, joilla on ollut merkittävä rooli raportin työstämisessä. Alatyöryhmät ovat:

1. BIO (pj. Juhani Damski)
2. TEKNO (pj. Mia Nykopp)
3. PALVELU (pj. Mirja Noukka).

Alatyöryhmiin on osallistunut työryhmän jäsenten ja varajäsenten lisäksi Johanna Vil-kuna (Kuntaliitto), Kalevi Luoma (Kuntaliitto), Kati-Jasmin Kosonen (MAL-verkosto), Asta Tuominen (Liikennevirasto), Outi Vilen (ympäristöministeriö), Heikka Sorasahi (Sitra), Tuire Valkonen (HSL), Saara Reinimäki (liikenne- ja viestintäministeriö), Elsa Mustaparta (liikenne- ja viestintäministeriö) Janne Mänttari (liikenne- ja viestintäministeriö), Laura Sarlin (liikenne- ja viestintäministeriö) ja Altti Iiskola (liikenne- ja viestintäministeriö). Lisäksi useat muut asiantuntijat etenkin Liikennevirastosta, Trafista ja Il-matieteen laitokselta ovat tuottaneet tietoa väli raportin kirjoittamista varten sekä aktii-visesti kommentoineet tekstiä.

10.9.2018

TÄYDENTÄVÄ MIELIPIDE

Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän (ILMO) väliraportissa tarkastellaan kolmea toistaan vaikutuskanavan suhteen eroteltua toimenpidepolkua (BIO, TEKNO, PALVELU), joiden tavoitteena on päästöttömään liikenteeseen pääseminen vuoteen 2045 mennessä. Väliraportissa tuodaan esiin mittakaavahaaste, joka päästöttömän liikenteen saavuttamiseen liittyy. Siinä myös kuvaillaan kiinnostavalla tavalla lopputilaa, johon eri skenaariopolkuja noudattamalla pyritään, ja käsitellään yleisellä tasolla rajoitteita ja mahdollisuuksia, joita kuhunkin skenaariopolkuun liittyy.

Toimenpidepoluille valittuja ohjauskeinoja, niiden vaikutuksia ja keskinäistä yhteensopivuutta tarkastellaan väliraportissa kuitenkin vain pintapuolisesti. Väliraportissa esitetyn ohjauskeinoanalyysin perusteella ei voida perustellusti otaksua, että toimenpidepolkuja noudattamalla päästäisiin päästöttömään liikenteeseen vuonna 2045. Väliraportissa toteutetun ohjauskeinoanalyysin pohjalta ei voida esittää luotettavia arvioita siitäkään, kuinka paljon päästöjä toimenpidepoluille valituilla toimenpiteillä saadaan vähennettyä.

Väliraportissa ohjauskeinoanalyysin puutteet tunnustetaan ja viitataan siihen, että työryhmä selvittää ohjauskeinoja huolellisesti loppuraportissa, jonka yhteydessä se esittää varsinaisen toimenpidepolkuehdotuksensa päästöttömään liikenteeseen. Huolellisen ohjauskeinoanalyysin toteuttaminen on erittäin kannatettava lähtökohta loppuraportin valmistelulle, sillä liikenteen päästövähennystavoitetta voidaan pitää erittäin haastavana ja parhaat edellytykset sen saavuttamiseen on, jos tavoitteen edistämiseen valitut ohjauskeinot ovat vaikuttavia ja kustannustehokkaita. Myös toimenpiteiden muista vaikutuksista kuin päästövaikutuksista on päästävä hyvään käsitykseen, ja pidettävä mielessä, että vaikuttavampia päästövähennystoimia voi myös olla muilla sektoreilla kuin liikenteessä.

Loppuraportissa ohjauskeinoin liittyviä valintoja, riskejä ja näkökohtia tulee käsitellä tasapainoisesti, kattavasti ja läpinäkyvästi, jotta päätöksentekijöillä olisi käytettävissä riittävä informaatio valistuneiden ratkaisujen tekemiseksi. Väliraportissa tämä vaatimus ei pintapuoliseksi jääneen analyysin takia vielä monilta osin toteudu. Esimerkiksi autoveron bonus-malus -malliin ja tiemaksuihin liittyvien tulojen korvamerkintämekanismien osalta jätetään mainitsematta, että tällaiset korvamerkintämekanismit voivat olla sekä julkisten varojen tehokkaan käytön että päästövähennyksiin suunnattujen toimien allokaation näkökulmasta epätoivottavia, vaikka niitä ehkä voidaan puolustaa liikennesektorin näkökulmista käsin.

Ilari Valjus
Erityisasiantuntija
Valtiovarainministeriö